



**Evaluación del Impacto de las
Concesiones de Obras Públicas en Chile
utilizando el Método de Control Sintético**
(Para discusión)

Julio 2024

Nota Técnica

Evaluación del Impacto de las Concesiones de Obras Públicas en Chile utilizando el método de Control Sintético

Julio 2024

Autores:

Sergio Alejandro Hinojosa¹

Eduardo Arturo Koffmann²

Resumen

En este documento se analiza el impacto de la implementación de la Ley de Concesiones de Obras Públicas (COP) en el crecimiento económico de Chile, utilizando el método de control sintético para construir un contrafactual que represente el desempeño del PIB per cápita en ausencia de la intervención. Basado en datos de PIB per cápita de Chile y siete países latinoamericanos seleccionados para el periodo 1980-1993, se desarrolló un modelo sintético que minimiza las diferencias pre-intervención. Los resultados indican que, tras la implementación de las políticas de concesiones en 1994, el PIB per cápita de Chile comenzó a divergir significativamente del contrafactual sintético, particularmente a partir de 2002, sugiriendo un impacto positivo significativo de las políticas de Concesión de Obra Pública en el crecimiento económico del país.

Abstract

This technical note analyzes the impact of the implementation of the Public Works Concessions Law (COP) on Chile's economic growth, using the synthetic control method to construct a counterfactual representing the performance of GDP per capita in the absence of the intervention. Based on GDP per capita data from Chile and seven selected Latin American countries for the period 1980-1993, a synthetic model was developed that minimizes pre-intervention differences. The results indicate that, following the implementation of the policies in 1994, Chile's GDP per capita began to significantly diverge from the synthetic counterfactual, particularly from 2002 onwards, suggesting a significant positive impact of the PPPs³ policies on the country's economic growth.

I. Introducción

La presente Nota Técnica tiene como objetivo evaluar el impacto de la Ley de Concesiones de Obras Públicas en Chile (COP), implementada a partir de la década de 1990, en el crecimiento económico del país. La Ley N° 19.336, promulgada en 1993, estableció el marco para la participación del sector privado en la construcción, mantenimiento y operación de infraestructura pública aplicando inicialmente el modelo BOT (*Build, Operate, Transfer*). Con el tiempo, este modelo evolucionó al DBFOMT (*Design, Build, Finance, Operate, Maintain, Transfer*), especialmente en sectores de infraestructura vertical⁴.

El estudio cuantifica los efectos económicos de las políticas de concesiones de obras públicas, dadas sus implicaciones para la modernización de la infraestructura y el desarrollo económico del país, considerando que el Programa de Concesiones 2024 del Ministerio de Obras Públicas (MOP) de Chile contempla la creación de 48 mil nuevos empleos durante el periodo 2024-2028 e incluye 43 proyectos que serán licitados (que representan un 56% respecto a lo realizado hasta el 2023), con una inversión total de US\$17.600 millones de dólares (es decir, un 68% respecto a lo invertido al 2024). Los proyectos abarcan soluciones de transporte sustentable, conectividad terrestre y aérea, edificación pública, seguridad ante desastres y seguridad hídrica, entre otros. Esta iniciativa fue anunciada

¹ Licenciado en economía, Ingeniero Comercial y Doctor en Management Sciences con especialidad en economía financiera en ESADE Business School. Socio fundador de IKONS ATN y Director General del PIAPPPEM.

² Ingeniero Civil Industrial y posee un M.Sc. en Economía del Transporte de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Analista en IKONS ATN. Además, es Director Internacional del PIAPPPEM.

³ PPP se refiere a Asociación Público-Privada o Public Private Partnerships en inglés. El término es equivalente al de concesión de obra pública que se usa en Chile, para el resto del mundo.

⁴ Por ejemplo, hospitales

por el MOP, destacando la importancia de estos proyectos para el desarrollo económico y social en 11 regiones del país. A la fecha, Chile ha desarrollado un total de 77 proyectos de concesiones (vigentes en contratos) bajo el modelo de asociaciones público-privadas (APP), con una inversión acumulada de aproximadamente US\$25.7 mil millones.

Utilizando el método de control sintético, se construirá un contrafactual para estimar lo que habría ocurrido en Chile en ausencia de estas políticas. Este enfoque permite una comparación precisa entre el desempeño económico observado y un escenario contrafactual, empleando datos del PIB per cápita de Chile y de un conjunto de países seleccionados para un periodo de 34 años entre 1980- y 2014.

El análisis se desarrollará en varias etapas. Primero, se seleccionan los países de control (Venezuela, Argentina, Ecuador, Costa Rica, El Salvador, Uruguay y Guatemala) con características económicas y estructurales similares a las de Chile antes de la intervención. Luego, se construyen ponderadores para estos países con el fin de minimizar las diferencias entre el PIB per cápita real y el sintético en el periodo pre-intervención (1980-1993). Posteriormente, se evalúa el impacto de la intervención comparando el PIB per cápita real de Chile con el contrafactual sintético para el periodo post-intervención (1994-2014). Finalmente, se interpretan y analizan los resultados para determinar el impacto de las políticas de concesiones de obras públicas en el crecimiento económico de Chile.

II. El modelo de Concesiones de Obras Públicas (COP)

La implementación de la Ley de Concesiones de Obras Públicas en Chile (COP) se remonta a la década de 1990, con la promulgación de la Ley N° 19.336 en 1993, la cual sentó las bases para la participación del sector privado en la construcción, mantenimiento y operación de infraestructura pública. Esta Ley fue parte de una estrategia más amplia del gobierno chileno para modernizar la infraestructura del país, mejorar la eficiencia en la ejecución de proyectos y fomentar el desarrollo económico mediante la colaboración con el sector privado. El enfoque inicial estuvo en la concesión de carreteras y aeropuertos, con el objetivo de reducir los déficits de infraestructura y mejorar la conectividad nacional.

A lo largo de los años, la Ley de Concesiones ha experimentado varios cambios y actualizaciones significativas. En 1996, se introdujo el Decreto con Fuerza de Ley N°900 (DFL N°900), que estableció el marco normativo para las concesiones de obras públicas en Chile. Posteriormente, en 2010, la Ley N° 20.410 modificó el DFL N°900, introduciendo mejoras en áreas como los niveles de servicio y estándares técnicos en las concesiones. Un hito importante fue la Ley N° 21.044 de 2017, que creó la Dirección General de Concesiones de Obras Públicas (DGCOP), la cual se encarga de estructurar, regular y supervisar el desarrollo de proyectos concesionados. El sistema de concesiones ha sido fundamental para el desarrollo de la infraestructura en el país desde su implementación en la década de 1990, facilitado por el DFL N°900 y sus modificaciones, que han permitido la participación del sector privado en la construcción, operación y mantenimiento de infraestructura pública, como se ha indicado por más de 25 mil millones de dólares en 77 proyectos.

El éxito del modelo de concesiones en Chile se evidencia en su clasificación como líder en América Latina en el uso de APPs, según el índice *Infrascope de The Economist Intelligence Unit* en conjunto con el Banco Interamericano de Desarrollo (ver más adelante). Este reconocimiento se atribuye a la solidez institucional y a un marco regulatorio robusto que promueve la competencia y la transparencia en los procesos licitatorios. A lo largo de los años, Chile ha continuado ajustando y perfeccionando su marco de concesiones para adaptarse a las necesidades cambiantes, manteniendo así la confianza de los inversores y asegurando la continuidad y expansión de su infraestructura. La implementación de estas políticas ha permitido a Chile no solo mejorar su infraestructura existente, sino también planificar y ejecutar nuevos proyectos de manera eficiente y sostenible.

III. Metodologías de Evaluación de Impacto en Políticas Públicas

La evaluación cuantitativa de políticas públicas a través de métodos contrafactuales es fundamental para entender los efectos de las intervenciones gubernamentales en diversos ámbitos sociales y económicos. Entre los métodos más utilizados para resolver el problema del contrafactual se encuentran los estimadores de matching, métodos de regresión, métodos de propensity score, diferencias en diferencias, variables instrumentales y el control sintético, entre otros (variables instrumentales, impactos distribucionales y aleatorios). A continuación, se presenta una revisión sintética de estos métodos, destacando sus principios, aplicaciones, ventajas y limitaciones, y argumentando por qué el método de control sintético puede ser más adecuado para evaluar políticas públicas con impactos a largo plazo, como es el caso de las COP.

III.1 Estimadores de Matching

Los estimadores de matching son una técnica utilizada en la evaluación de impacto de políticas públicas que busca emparejar unidades tratadas con unidades de control que sean similares en términos de características observables. Este método intenta replicar un experimento controlado aleatorizado al encontrar "gemelos" estadísticos para cada unidad tratada, permitiendo una comparación válida de los resultados entre los dos grupos. La idea fundamental detrás de los estimadores de matching es que, al emparejar adecuadamente las unidades tratadas con las unidades de control, se puede reducir el sesgo en las estimaciones del impacto causal de una intervención. El principio básico del matching es encontrar un conjunto de unidades de control que sean lo más similares posible a las unidades tratadas en términos de sus características observables antes del tratamiento.

III.2 Métodos de Regresión

Los métodos de regresión son técnicas estadísticas fundamentales en la evaluación de políticas públicas. Estos métodos permiten controlar las diferencias en características observables entre unidades tratadas y de control, proporcionando una estimación del impacto causal de una intervención. Las regresiones lineales son las más comúnmente utilizadas, aunque otros tipos de modelos de regresión (como logit y probit) también se aplican dependiendo de la naturaleza de los datos y la variable dependiente. El principio básico detrás de los métodos de regresión es modelar la relación entre una variable dependiente (resultado) y una o más variables independientes (covariables y tratamiento). Esto permite aislar el efecto del tratamiento de otras influencias.

III.3 Métodos de Propensity Score

Los métodos de propensity score (PS) son una técnica avanzada en la evaluación de impacto de políticas públicas, diseñados para abordar el problema del sesgo de selección en estudios observacionales. El propensity score, definido como la probabilidad de recibir el tratamiento dado un conjunto de covariables, permite emparejar unidades tratadas y no tratadas en una sola dimensión en lugar de múltiples covariables. Este enfoque simplifica el proceso de matching y reduce el sesgo en la estimación de efectos causales. El propensity score fue introducido por Rosenbaum y Rubin (1983) y se ha convertido en una herramienta estándar en la evaluación de políticas. La idea es que al emparejar unidades con propensiones similares, se pueden balancear las covariables observadas entre los grupos tratado y de control.

III.4 Métodos de Diferencias en Diferencias (Diff in Diff)

El método de Diferencias en Diferencias (Diff-in-Diff, o DiD) es una técnica estadística utilizada para estimar efectos causales en estudios observacionales, especialmente en evaluaciones de políticas públicas. Este método compara los cambios en los resultados antes y después de una intervención entre un grupo tratado y un grupo de control, permitiendo controlar por diferencias no observables constantes en el tiempo entre los grupos. El principio subyacente del método Diff-in-Diff es que, en ausencia de la intervención, las diferencias en los resultados entre el grupo tratado y el grupo de control serían constantes en el tiempo. La intervención se identifica como un cambio diferencial en los resultados de los dos grupos, controlando por las tendencias preexistentes. El modelo básico de Diff-in-Diff puede ser representado como:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_D D_i + \beta_T T_t + \beta_{TD} T_t D_i + \varepsilon_{it}$$

Donde Y_{it} es el resultado para la unidad i en el tiempo t , T_t es un indicador temporal (1 si es post-intervención, 0 si es pre-intervención), D_i es un indicador de tratamiento (1 si la unidad está tratada, 0 si es de control), β_{TD} es el estimador de efecto de tratamiento, ε_{it} es el término de error. El efecto de tratamiento se calcula como la diferencia en diferencias:

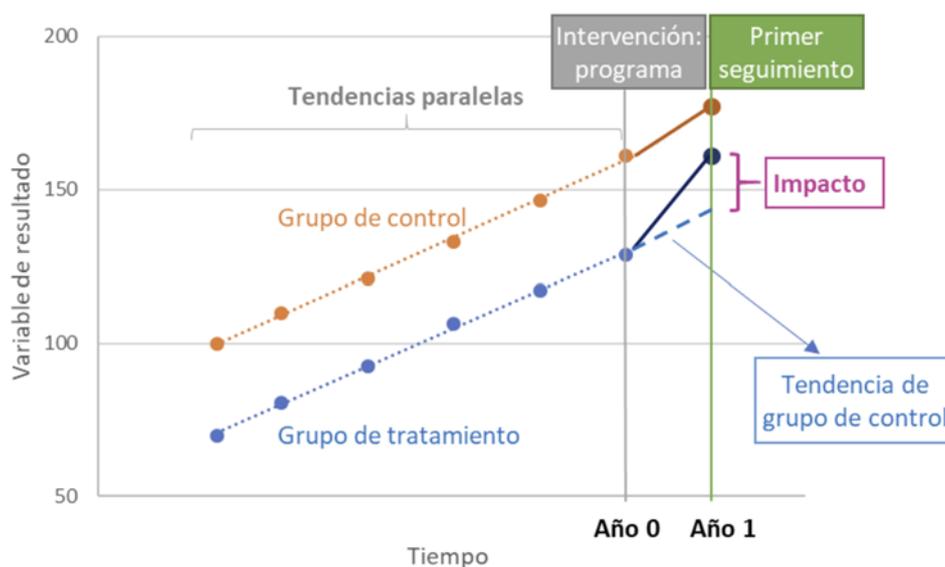
$$\beta_{TD} = (Y_{Tratado,post} - Y_{Tratado,pre}) - (Y_{Control,post} - Y_{Control,pre})$$

El método de diferencias en diferencias (Diff-in-Diff) presenta ventajas y limitaciones en su aplicación. Entre las ventajas, destaca su capacidad para controlar variaciones no observadas que son constantes en el tiempo entre el grupo tratado y el grupo de control, lo que mejora la validez interna de las estimaciones. Además, el modelo es relativamente simple de implementar y puede adaptarse a diferentes contextos de políticas y programas, lo que le otorga simplicidad y flexibilidad. También, los requisitos de datos son moderados, ya que solo se necesitan datos longitudinales de los grupos tratados y de control, sin necesidad de datos experimentales. Sin embargo, Diff-in-Diff también tiene limitaciones importantes. La principal es la suposición de tendencias paralelas, que requiere que las

tendencias en los resultados de los grupos tratados y de control habrían sido paralelas en ausencia de la intervención. Si esta suposición no se cumple, las estimaciones pueden ser sesgadas (Lechner, 2011). Además, la autocorrelación en los datos de series temporales puede llevar a subestimaciones de los errores estándar, resultando en inferencias engañosas; Bertrand, Duflo y Mullainathan (2004) sugieren varias técnicas para corregir este problema. Por último, si hay cambios en la composición del grupo tratado o del grupo de control durante el periodo de estudio, las estimaciones de Diff-in-Diff pueden ser sesgadas (Angrist & Pischke, 2009).

El gráfico adjunto ilustra el concepto de la metodología de Diferencias en Diferencias utilizada para medir el impacto de una intervención o programa.

Ilustración 1: Diferencias en Diferencias (DiD)



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico, se presentan dos grupos: el grupo de control (en naranja) y el grupo de tratamiento (en azul). Ambos grupos siguen una tendencia paralela en sus variables de resultado hasta el punto de intervención (Año 0), donde se introduce el programa. Posteriormente, en el primer seguimiento (Año 1), se observa que el grupo de tratamiento muestra un incremento en la variable de resultado mayor que el grupo de control, lo que se señala como el "Impacto" del programa. La línea discontinua azul proyectada desde el Año 0 al Año 1 indica la tendencia que hubiera seguido el grupo de tratamiento en ausencia del programa, basada en la tendencia del grupo de control.

III.5 Métodos de Control Sintético

El método de control sintético (MCS) es una herramienta estadística avanzada utilizada para evaluar los efectos de intervenciones específicas en casos donde no existen contrafactuales naturales adecuados. Este enfoque es particularmente útil en la evaluación de políticas públicas y otros contextos donde un diseño experimental tradicional no es factible⁵. En efecto, el MCS es una técnica relativamente reciente para la evaluación de políticas públicas, especialmente en situaciones donde los métodos tradicionales presentan limitaciones significativas. Por ejemplo, en la evaluación del impacto de una nueva política de subsidios en una región específica, donde no existen regiones completamente comparables y donde la intervención no permite la realización de un experimento controlado aleatorio, el método de control sintético ofrece una solución confiable. Este método fue introducido por Abadie y Gardeazabal (2003) y luego formalizado por Abadie, Diamond y Hainmueller (2010). El control sintético se utiliza para construir un contrafactual ponderado utilizando una combinación de unidades no tratadas, permitiendo estimar lo que habría ocurrido en ausencia de la intervención. Esta metodología es particularmente útil para estudios de caso comparativos donde se desea evaluar el impacto de una intervención específica en una sola unidad (como un país, una región o una empresa) a lo largo del tiempo.

⁵ Esto, debido a que el contrafactual real adecuado sería un país idéntico a Chile en todas sus políticas públicas, a excepción de un programa de APPs, lo que en la realidad no existe.

El principio básico del método de control sintético es crear una "unidad sintética" que combina varias unidades de control para replicar el comportamiento de la unidad tratada antes de la intervención. Esta unidad sintética actúa como el contrafactual, proporcionando una línea de base contra la cual se puede medir el impacto de la intervención. El modelo básico del método de control sintético estima los pesos asignados a las unidades de control, que se determinan minimizando la distancia entre la unidad tratada y la combinación ponderada de las unidades de control en el periodo pre-intervención.

La relación entre el método de diferencias en diferencias (Diff-in-Diff) y el método de control sintético radica en su objetivo común de estimar efectos causales de intervenciones o políticas, pero difieren en su enfoque y aplicación. Ambas metodologías buscan comparar los resultados de una unidad tratada con un contrafactual que representa lo que habría sucedido en ausencia de la intervención. La principal similitud es que ambas técnicas intentan controlar por las tendencias temporales y las características observables para aislar el efecto del tratamiento. Sin embargo, mientras que Diff-in-Diff se basa en la comparación de las diferencias en resultados antes y después del tratamiento entre unidades tratadas y no tratadas, asumiendo que ambas tendrían tendencias paralelas en ausencia del tratamiento, el método de control sintético construye un contrafactual ponderado a partir de una combinación de unidades no tratadas que mejor se asemeja a la unidad tratada en el periodo pre-intervención. Esto permite al control sintético proporcionar una estimación más precisa cuando el supuesto de tendencias paralelas de Diff-in-Diff es cuestionable, especialmente en estudios de caso únicos o cuando las unidades de comparación no son perfectamente comparables.

III.6 Revisión de estudios de aplicación de Control Sintético en Evaluaciones de Impacto

Estudios sobre aplicaciones de control sintético en evaluaciones de impacto ha crecido considerablemente, abarcando una amplia gama de sectores y proporcionando resultados valiosos para la formulación de políticas y decisiones estratégicas.

Uno de los estudios pioneros en la utilización del control sintético fue el trabajo de Abadie y Gardeazabal (2003), que analizó el impacto del terrorismo en la economía del País Vasco. En este estudio, los autores construyeron un contrafactual sintético combinando varias regiones españolas que no experimentaron terrorismo, y encontraron que el terrorismo tuvo un efecto negativo significativo en el PIB del País Vasco. Este enfoque metodológico fue posteriormente formalizado y ampliado por Abadie, Diamond y Hainmueller (2010), quienes demostraron su aplicabilidad en una amplia gama de contextos.

En el ámbito de las políticas públicas, el control sintético ha sido particularmente útil para evaluar reformas educativas, políticas de salud y regulaciones ambientales. Un ejemplo importante es el estudio de la prohibición del tabaco en California realizado por Abadie, Diamond y Hainmueller (2010). Utilizando el control sintético, los autores pudieron aislar el efecto de la prohibición del tabaco sobre el consumo de cigarrillos, demostrando una reducción significativa en el consumo atribuible a la política implementada. Este enfoque metodológico permitió superar las limitaciones de los diseños experimentales tradicionales, que no siempre son factibles en contextos de políticas públicas a gran escala.

En el sector de la infraestructura pública, un ejemplo es el estudio de Cavallo, Galiani, Noy y Pantano (2013), que analizaron el impacto de los desastres naturales en la infraestructura pública utilizando el control sintético. En este estudio, los autores construyeron un contrafactual para regiones afectadas por desastres naturales y evaluaron los efectos a largo plazo en la infraestructura y el desarrollo económico. Los resultados mostraron que las regiones afectadas sufrieron una disminución significativa en el crecimiento económico y la inversión en infraestructura, destacando la importancia de políticas de mitigación y resiliencia.

Utilizando el control sintético, se han podido evaluar los efectos de nuevas autopistas en el crecimiento económico y la conectividad. Gibbons, Lyytikäinen, Overman y Sanchis-Guarner (2019) aplicaron esta metodología para estudiar el impacto de una nueva autopista en el Reino Unido, encontrando que la autopista tuvo efectos positivos significativos en la accesibilidad y el crecimiento económico de las áreas circundantes. Asimismo, la evaluación de proyectos de infraestructura pública es otro campo donde el control sintético ha demostrado ser especialmente útil. Considerando la construcción de grandes proyectos de infraestructura, como puentes, carreteras, y redes de transporte público, el control sintético permite evaluar el impacto a largo plazo de estas inversiones. Un estudio relevante en este contexto es el de Billings (2011), que evaluó el impacto del desarrollo del sistema de transporte rápido en ciudades estadounidenses, donde a través de control sintético, Billings pudo determinar que las ciudades

con nuevas líneas de metro experimentaron un crecimiento económico y un aumento en el valor de las propiedades inmobiliarias, comparado con el contrafactual sintético de ciudades sin estas inversiones. Otro estudio relevante es el de Duggan y Morton (2019), que analizaron el impacto del desarrollo de corredores de transporte en África subsahariana. Al construir un contrafactual sintético, los autores demostraron que los nuevos corredores de transporte impulsaron significativamente el comercio intra-regional y mejoraron el acceso a mercados internacionales, lo que a su vez promovió el desarrollo económico y la reducción de la pobreza. El control sintético también ha sido utilizado para analizar el impacto de las políticas de urbanismo y planificación territorial. Un estudio seminal en este campo es el de Kline y Moretti (2014), que evaluaron los efectos de la política de desarrollo de las zonas de oportunidad en Estados Unidos. Al aplicar el control sintético, pudieron demostrar que estas zonas experimentaron un crecimiento económico y una disminución en la pobreza, en comparación con las áreas que no recibieron tales beneficios.

En el sector de la energía y el medio ambiente, el control sintético también ha sido ampliamente utilizado para evaluar políticas de energía renovable y su impacto en la reducción de emisiones de carbono. Por ejemplo, Doudchenko e Imbens (2016) utilizaron el control sintético para evaluar los efectos de las políticas de energía renovable en varios países europeos. Los resultados de este estudio proporcionaron evidencia robusta sobre la efectividad de estas políticas en la reducción de emisiones de CO₂, destacando la importancia de la adopción de tecnologías limpias y la implementación de políticas ambientales sostenibles. En esta misma línea, Andersson (2019) estudia los efectos de las zonas de bajas emisiones en ciudades europeas utilizando control y Burke y Lobell (2017) evaluaron el impacto de los subsidios a la energía solar en varios estados de Estados Unidos. Utilizando un contrafactual sintético, los autores encontraron que los subsidios contribuyeron a una adopción significativa de tecnologías solares y a una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero.

En el ámbito de la economía del desarrollo, el control sintético ha demostrado ser una herramienta crucial para evaluar los efectos de intervenciones complejas en contextos donde los métodos experimentales tradicionales no son factibles. Galiani y Quistorff (2017) utilizaron este enfoque para analizar el impacto de la descentralización fiscal en los países en desarrollo. Su estudio reveló mejoras significativas en la eficiencia del gasto público, evidenciando cómo el control sintético puede desenredar los efectos de políticas multifacéticas en entornos con datos limitados.

En el sector de la salud, el control sintético ha sido utilizado para evaluar políticas de salud pública y sus efectos en la población. Un ejemplo significativo es el estudio de la implementación de la Ley de Atención Asequible (Affordable Care Act) en Estados Unidos. Courtemanche, Marton, y Yelowitz (2016) aplicaron el control sintético para comparar los estados que expandieron Medicaid con aquellos que no lo hicieron. Sus hallazgos indicaron mejoras en la cobertura de salud y una disminución en la mortalidad, demostrando el impacto positivo de la expansión de Medicaid en la salud pública.

Otro ámbito relevante es la educación, donde el control sintético ha permitido evaluar el impacto de diversas reformas educativas. Por ejemplo, Bifulco, Rubenstein, y Sohn (2019) utilizaron esta metodología para evaluar el impacto de las escuelas en el rendimiento académico de los estudiantes en Nueva York.

En el ámbito de la economía laboral, el control sintético ha sido utilizado para evaluar el impacto de políticas laborales y reformas del mercado de trabajo. Un ejemplo ilustrativo es el estudio de Kleven et al. (2013), que analizaron los efectos de la reducción de impuestos sobre el trabajo en Dinamarca. Utilizando un contrafactual sintético, el estudio demostró que la reducción de impuestos llevó a un aumento en la participación laboral y en el empleo, proporcionando evidencia empírica del impacto positivo de tales políticas.

Asimismo, en el sector financiero, el control sintético ha sido empleado para evaluar los efectos de las reformas regulatorias y políticas monetarias. Giannone et al. (2015) examinaron el impacto de las políticas de flexibilización cuantitativa implementadas por el Banco Central Europeo. Al construir un contrafactual sintético, los autores pudieron aislar el efecto de estas políticas en la estabilidad financiera y el crecimiento económico, demostrando su efectividad en la mitigación de los efectos adversos de la crisis financiera.

La aplicación del control sintético también ha encontrado relevancia en estudios de políticas de salud global. Un ejemplo destacable es el estudio de Atun et al. (2015), que evaluaron el impacto de los programas de vacunación en la reducción de la mortalidad infantil en países en desarrollo.

Una aplicación reciente, para Chile (Toni, et al, 2023) analiza la desaceleración económica de Chile durante la última década utilizando el método de control sintético. Estudia el impacto de las políticas internas en el crecimiento

económico comparando a Chile con un contrafactual de otros países de la región. Concluye que dos tercios de la desaceleración se deben a factores internos, indicando que algunas políticas recientes, implementadas entre 2013 y 2014, han tenido un impacto significativo negativo en el desempeño económico de Chile.

En conclusión, el control sintético ha demostrado ser una herramienta metodológica robusta y versátil en la evaluación de impacto en una amplia variedad de sectores. Desde la evaluación de políticas públicas y proyectos de infraestructura hasta intervenciones en salud y políticas climáticas, este enfoque ha proporcionado resultados valiosos y ha permitido la construcción de contrafactuales precisos que reflejan de manera realista los efectos de diversas intervenciones. La continua evolución de esta metodología y el aumento en la disponibilidad de datos sugieren que su uso se expandirá aún más, consolidándose como una herramienta fundamental en el arsenal de los investigadores empíricos y los formuladores de políticas.

IV. Marco Teórico del Control Sintético para Análisis de Impacto del sistema de Concesiones de Obra Pública en Chile.

En este estudio, utilizaremos el método de control sintético para evaluar el impacto del modelo de concesiones de obra pública en el crecimiento económico de Chile. Como se ha indicado en secciones previas, la técnica del control sintético se basa en la idea de construir un "contrafactual sintético" que sea una combinación ponderada de unidades no tratadas (países, en este caso) que juntos emulan el comportamiento de la unidad tratada (Chile) en ausencia de la intervención. Formalmente, se puede representar de la siguiente manera:

$$\widehat{Y}_t = \sum_{j \in J} w_j Y_{jt}$$

Donde:

\widehat{Y}_t es el valor estimado del resultado (PIB per cápita) para la unidad tratada en el tiempo t, o contrafactual sintético.

- Y_{jt} es el valor del resultado para la unidad j no tratada en el tiempo t.
- w_j es el peso asignado a la unidad no tratada j.

La selección de w_j se realiza minimizando la distancia entre las características pre-intervención de la unidad tratada (en los años usados para calibración del modelo, desde el tiempo t=1 hasta el hasta el tiempo de inicio de la intervención T_0) y las características ponderadas de las unidades de control, es decir:

$$\min \left[Y_t - \sum_{j \in J} w_j Y_{jt} \right]^2, \quad s. a. \sum_{j \in J} w_j = 1, \quad w_j \geq 0 \forall j \in J$$

Una vez seleccionados los pesos óptimos w_j^* el impacto (I_t) de la intervención en el año $t > T_0$ se estima como la diferencia entre el resultado observado y el contrafactual sintético después de la intervención:

$$I_t = Y_t - \widehat{Y}_t$$

Se obtendrá de la aplicación de este análisis, de manera explícita entonces:

Y_t : PIB per cápita real de Chile, que incluye la aplicación del programa de COP.

\widehat{Y}_t : Estimación del PIB per cápita real de Chile sintético, si nunca se hubiese aplicado el programa de COP.

V. Selección de países como unidad de análisis sin tratamiento

La selección de los países control es una parte crítica del análisis de control sintético, ya que estos deben compartir características económicas y estructurales similares a las de la unidad tratada antes de la intervención. En este estudio, hemos seleccionado Venezuela, Argentina, Ecuador, Costa Rica, El Salvador, Uruguay y Guatemala como países de control para construir el contrafactual sintético de Chile. A continuación, se presenta una justificación detallada de esta selección basada en los criterios esenciales del método de control sintético.

- **Similitud Económica y Estructural Pre-Intervención:** Los países seleccionados comparten características económicas y estructurales similares a las de Chile antes del período de intervención (1980-1993). Específicamente, todos estos países tienen niveles de PIB per cápita comparables y estructuras económicas que incluyen una combinación de sectores industriales, agrícolas y de servicios. Esta similitud asegura que las ponderaciones asignadas a cada país en el control sintético reflejen adecuadamente las dinámicas económicas de Chile en ausencia de la intervención.
- **Bajo Nivel de Desarrollo de APPs:** Para aislar el efecto de las políticas económicas en el PIB per cápita, es crucial que los países de control tengan un nivel de desarrollo de asociaciones público-privadas (APPs) similar al de Chile durante el período **pre-intervención**, es decir, que antes de 1994 no cuenten con una ley o marco APP, y que luego de dicho año, sigan sin contarla o su uso sea incipiente hasta el final del período de análisis (2014). Según el índice Infrascopio del BID, los países seleccionados mostraban niveles bajos de desarrollo de APPs hasta 2014, lo que los hace comparables a Chile en términos de la implementación y madurez de estas asociaciones durante el período de estudio. Mas allá del 2014, los países empezaron a desarrollar sus propios sistemas y marcos de APP, por lo que se ha definido dicho año como el de corte del análisis, para poder mantener consistencia en los resultados.

Tabla 1: Puntaje Infrascopio, para Chile y los países Seleccionados (2009-2022).

	Chile	Costa Rica	Ecuador	El Salvador	Guatemala	Uruguay	Venezuela	Argentina
2022	75.0	61.0	49.0	58.0	57.0	67.0	17.0	48
2019	79.0	71.0	59.0	68.0	69.0	69.0	8.0	49
2017	74.0	62.0	44.0	64.0	62.0	64.0	8.0	48
2014	76.6	39.0	22.1	41.6	46.3	52.9	3.2	16
2012	76.4	38.8	19.9	38.2	43.2	49.5	5.1	17.5
2010	79.3	32.3	14.2	30.6	42.4	31.8	4.2	27.5
2009	65.3	41.9	14.7	21.8	22.0	35.6	13.7	23.5

Fuente: Elaboración propia basado en datos del Infrascopio 2009-2022

- **Disponibilidad y Calidad de Datos:** La disponibilidad de datos históricos confiables es esencial para el análisis de control sintético. Los países seleccionados cuentan con registros completos y fiables del PIB per cápita desde 1980 hasta 1993 (para calibración del contrafactual sintético), y de 1994 al 2014 (para estimación de impacto), lo que permite una construcción precisa del contrafactual. Estos datos fueron extraídos de la base de datos del Banco Mundial, garantizando su consistencia y precisión.

Después de la selección de países para la construcción del modelo de contrafactual sintético, el siguiente paso es la construcción del contrafactual en sí. Este proceso se basa en la minimización de diferencias entre el Chile real y un conjunto ponderado de países seleccionados, para estimar lo que habría ocurrido en Chile en ausencia de las políticas implementadas. Utilizamos los datos del PIB per cápita de Chile y los países seleccionados (Venezuela, Argentina, Ecuador, Costa Rica, El Salvador, Uruguay y Guatemala) para los años comprendidos entre 1980 y 1993, con el fin de construir un modelo que refleje con precisión el desempeño económico de Chile en ese período.

La evaluación del impacto de la Ley de Concesiones de Obras Públicas (COP) en el crecimiento económico de Chile requiere un análisis de los datos históricos de PIB per cápita. La siguiente tabla presenta el PIB per cápita de Chile y de siete países latinoamericanos seleccionados (Venezuela, Argentina, Ecuador, Costa Rica, El Salvador, Uruguay y Guatemala) en dólares constantes de 2022, para el período comprendido entre 1980 y 2014. Estos datos son cruciales para la construcción del contrafactual sintético que permitirá estimar el impacto de la intervención.

Tabla 2: PIB per cápita en USD 2022, para Chile y los países Seleccionados (1980-2014).

	PIB per Cápita (US\$ Constantes del 2022)							
	Chile	Venezuela	Argentina	Ecuador	Costa Rica	El Salvador	Uruguay	Guatemala
1980	2,598	4,671	8,361	2,007	2,109	807	4,158	1,070
1981	3,026	5,086	6,671	1,998	1,111	703	4,609	1,140
1982	2,220	5,042	3,258	1,939	1,072	689	3,743	1,126
1983	1,775	4,883	3,963	1,658	1,257	656	2,042	1,140
1984	1,699	3,447	4,375	1,718	1,421	477	1,929	1,163
1985	1,434	3,472	3,249	1,956	1,478	460	1,873	1,339
1986	1,515	3,489	3,857	1,399	1,611	458	2,312	706
1987	1,756	2,619	3,910	1,275	1,613	461	2,877	797
1988	2,035	3,293	4,524	1,182	1,598	530	2,959	842
1989	2,306	2,378	2,867	1,132	1,763	597	3,101	947
1990	2,522	2,493	4,858	1,123	1,881	892	3,588	813
1991	2,850	2,685	6,429	1,231	2,305	959	4,299	967
1992	3,392	2,968	7,654	1,317	2,684	1,047	4,911	1,044
1993	3,572	2,876	7,796	1,505	2,927	1,186	5,684	1,111
1994	4,059	2,742	8,379	1,778	3,110	1,349	6,558	1,227
1995	5,154	3,560	8,295	1,895	3,337	1,552	7,207	1,350
1996	5,387	3,175	8,645	1,950	3,278	1,654	7,613	1,408
1997	5,799	3,779	9,197	2,156	3,451	1,750	7,960	1,560
1998	5,476	3,970	9,283	2,161	3,653	1,858	8,365	1,658
1999	4,986	4,133	8,709	1,530	3,715	1,905	7,848	1,530
2000	5,100	4,821	8,639	1,399	3,941	1,978	7,432	1,556
2001	4,608	4,964	8,085	1,805	4,042	2,051	6,804	1,655
2002	4,480	3,778	2,998	2,066	4,123	2,107	4,441	1,796
2003	4,825	3,266	3,761	2,325	4,228	2,198	3,942	1,847
2004	6,184	4,312	4,314	2,597	4,484	2,274	4,477	1,952
2005	7,558	5,422	5,164	2,935	4,756	2,434	5,663	2,152
2006	9,410	6,647	5,976	3,272	5,309	2,651	6,377	2,337
2007	10,447	8,538	7,316	3,507	6,194	2,815	7,623	2,557
2008	10,760	11,079	9,147	4,224	6,994	2,964	9,857	2,873
2009	10,177	9,558	8,338	4,077	6,879	2,890	10,232	2,654
2010	12,723	11,158	10,413	4,540	8,269	3,017	12,944	2,836
2011	14,560	10,934	12,788	5,174	9,271	3,305	15,341	3,172
2012	15,316	12,688	13,890	5,653	10,107	3,471	16,325	3,268
2013	15,740	8,693	14,489	6,122	10,765	3,555	18,272	3,398
2014	14,583	7,107	13,209	6,409	10,854	3,639	18,110	3,632

Fuente: Data Bank de Banco Mundial, recuperado en Mayo del 2024.

La tabla muestra los valores del PIB per cápita anual para cada país, ajustados a dólares estadounidenses constantes del año 2022. Esta estandarización permite realizar comparaciones eliminando el efecto de la inflación y proporcionando una base sólida para el análisis longitudinal.

En el caso de Chile, el PIB per cápita se incrementó significativamente de US\$2,598 en 1980 a US\$15,740 en 2013, antes de descender a US\$14,583 en 2014. Este crecimiento refleja una tendencia positiva sostenida, especialmente pronunciada tras la implementación de la Ley de Concesiones de Obras Públicas en 1994. Venezuela, por otro lado, muestra una trayectoria más volátil. Su PIB per cápita aumentó de US\$4,671 en 1980 a un máximo de US\$11,079 en 2008, pero posteriormente cayó a US\$7,107 en 2014, reflejando las fluctuaciones económicas y políticas del país. En Argentina, el PIB per cápita comenzó en US\$8,361 en 1980 y mostró fluctuaciones significativas, alcanzando

US\$14,489 en 2013, antes de caer a US\$13,209 en 2014. Estas variaciones son indicativas de las recurrentes crisis económicas seguidas por períodos de recuperación. Ecuador presentó un crecimiento constante, pasando de US\$2,007 en 1980 a US\$6,409 en 2014. Este patrón de crecimiento estable contrasta con la volatilidad observada en otros países de la región. Costa Rica mostró un aumento continuo en su PIB per cápita, desde US\$2,109 en 1980 hasta US\$10,854 en 2014. Esta tendencia refleja un desarrollo económico estable y sostenido. El Salvador tuvo un PIB per cápita de US\$807 en 1980, que creció a US\$3,639 en 2014. Aunque el crecimiento es notable, fue a un ritmo más lento en comparación con otros países latinoamericanos. Uruguay se destacó por su crecimiento, con un PIB per cápita que aumentó de US\$4,158 en 1980 a US\$18,110 en 2014, lo que lo posiciona como uno de los países con mayor crecimiento en la región. Guatemala, comenzando con US\$1,070 en 1980, mostró un crecimiento modesto, alcanzando US\$3,632 en 2014, reflejando una tasa de desarrollo más moderada.

El modelo de control sintético se construyó asignando ponderaciones a los países seleccionados para minimizar las diferencias entre el PIB per cápita de Chile real y el sintético en el periodo pre-intervención (1980-1993)⁶. A continuación, se presentan las ponderaciones asignadas a cada país:

Tabla 3: Ponderadores obtenidos por minimización de diferencias cuadráticas para el contrafactual sintético.

País	Ponderador (w_j)
Venezuela	1.6%
Argentina	1.4%
Ecuador	0.0%
Costa Rica	14.5%
El Salvador	11.3%
Uruguay	46.9%
Guatemala	24.3%

Fuente: Elaboración Propia⁷

El siguiente cuadro muestra el PIB per cápita observado en Chile y el estimado mediante el modelo sintético, junto con la diferencia porcentual entre ambos para cada año del periodo de estudio (1980-1993):

Tabla 4: PIB per cápita en USD 2022, para Chile Real y Chile Sintético (1980-1993).4

Año	PIB per cápita Chile (Real)	PIB per cápita Chile (Control Sintético)	Diferencia Porcentual
1980	2,598	2,798	-7.15%
1981	3,026	2,853	6.06%
1982	2,220	2,389	-7.06%
1983	1,775	1,625	9.23%
1984	1,699	1,564	8.64%
1985	1,434	1,571	-8.72%
1986	1,515	1,651	-8.25%
1987	1,756	1,925	-8.78%
1988	2,035	2,000	1.78%
1989	2,306	2,086	10.54%
1990	2,522	2,361	6.78%
1991	2,850	2,826	0.82%

⁶ Para obtener los ponderadores en el método de control sintético utilizando el PIB per cápita de distintos países y el de Chile, se sigue un proceso de optimización de acuerdo a lo siguiente: Primero, se seleccionan los países donantes, es decir, aquellos que no han recibido la intervención que se desea evaluar. Luego, se construye una combinación lineal ponderada de estos países donantes de manera que su PIB per cápita antes de la intervención sea lo más similar posible al de Chile en el mismo periodo. Los ponderadores se determinan minimizando la suma de las diferencias cuadráticas entre el PIB per cápita de Chile y la suma ponderada del PIB per cápita de los países donantes para los años previos a la intervención. Se imponen restricciones de no negatividad y que la suma de los ponderadores sea igual a uno. La optimización busca los valores óptimos de los ponderadores que minimizan la suma de las diferencias cuadráticas mencionadas, asegurando así que la combinación de países donantes reproduzca de la mejor manera posible el comportamiento del PIB per cápita de Chile antes de la intervención.

⁷ Que Ecuador tenga un ponderador de 0% en la construcción del contrafactual sintético no es una decisión de modelación, sino que un resultado de la aplicación del modelo de minimización de diferencias cuadráticas.

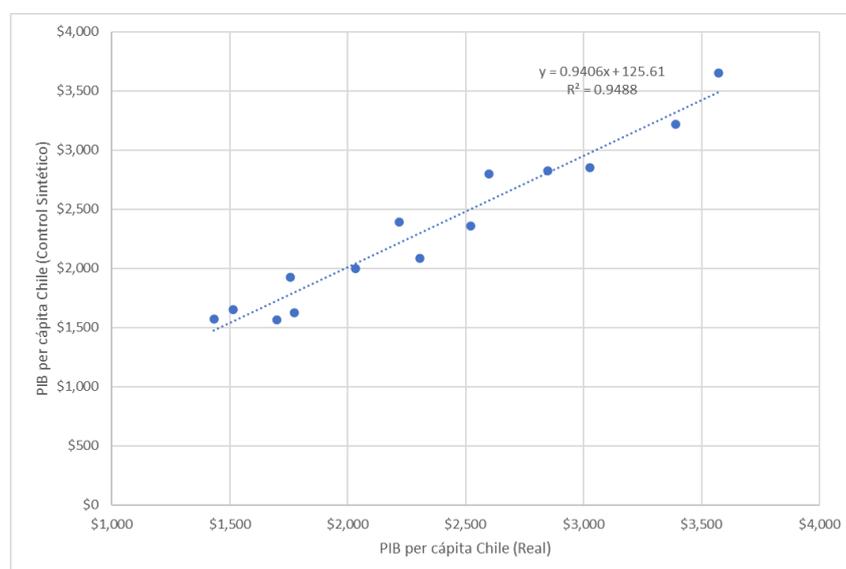
Año	PIB per cápita Chile (Real)	PIB per cápita Chile (Control Sintético)	Diferencia Porcentual
1992	3,392	3,218	5.39%
1993	3,572	3,648	-2.09%

Fuente: Elaboración Propia Contrafactual Sintético Significativo al 94.8%

Esta tabla ilustra las diferencias entre el desempeño económico real de Chile y el estimado mediante el contrafactual sintético, proporcionando una medida del impacto de las políticas implementadas a partir de 1993. La cercanía entre el PIB per cápita real y el sintético durante el periodo pre-intervención debe ser analizada estadísticamente.

A continuación, se presenta una gráfica que compara el PIB per cápita real de Chile (y) con el PIB per cápita estimado mediante el modelo de Control Sintético (x) para el periodo anterior a la implementación del plan de concesiones. Esta comparación nos permite verificar la validez del control sintético y la precisión con la que replica el comportamiento económico de Chile antes de la intervención. Esto no debe interpretarse como una regresión lineal explicativa, sino como simplemente una revisión del tamaño de los errores estadísticos entre el modelo de Chile Sintético y Chile Real de manera empírica.

Ilustración 2: Comparación X/Y de PIB per cápita Chile Real y Chile sintético, 1980-1993



Fuente: Elaboración Propia

Una línea de tendencia ajustada a los datos muestra la ecuación $y = 0.9406x + 125.61$ y un coeficiente de determinación $R^2 = 0.9488$. Un alto R^2 indica que el modelo de control sintético replica de manera efectiva la evolución del PIB per cápita de Chile antes de la intervención, explicando el 94.88% de la variabilidad observada en el PIB per cápita real. Estos resultados refuerzan la validez del control sintético como buen estimador del PIB per cápita de Chile en ausencia del plan de concesiones de obra pública, proporcionando una base importante para evaluar el impacto de esta política.

VI. Comparación del PIB per cápita: Chile Real vs. Chile Sintético (1994-2014)

A continuación, se presentan los resultados de la comparación entre el PIB per cápita observado en Chile y el estimado mediante el modelo sintético, junto con la diferencia porcentual entre ambos para cada año del periodo de estudio:

Tabla 5: PIB per cápita en USD 2022, para Chile Real y Chile Sintético (1994-2014).

Año	PIB per cápita Chile (Real)	PIB per cápita Chile (Control Sintético)	Diferencia Porcentual
1994	4,059	4,137	-1.90%
1995	5,154	4,539	13.54%
1996	5,387	4,745	13.53%
1997	5,799	4,998	16.03%
1998	5,476	5,258	4.14%
1999	4,986	4,993	-0.15%
2000	5,100	4,856	5.03%
2001	4,608	4,603	0.11%
2002	4,480	3,458	29.55%
2003	4,825	3,264	47.82%
2004	6,184	3,611	71.26%
2005	7,558	4,303	75.65%
2006	9,410	4,819	95.29%
2007	10,447	5,652	84.84%
2008	10,760	6,976	54.24%
2009	10,177	7,037	44.61%
2010	12,723	8,624	47.53%
2011	14,560	10,037	45.07%
2012	15,316	10,706	43.07%
2013	15,740	11,698	34.55%
2014	14,583	11,659	25.08%

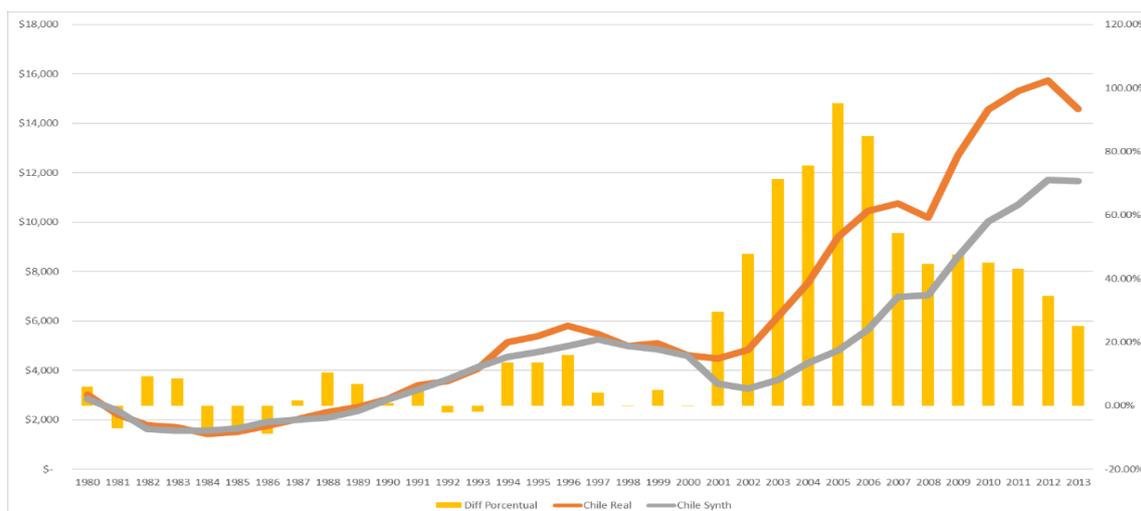
Fuente: Elaboración Propia PIAPPEM

Los resultados indican que, tras la implementación de las políticas en 1994, el PIB per cápita de Chile comenzó a divergir significativamente del contrafactual sintético, especialmente a partir del año 2002. Las diferencias porcentuales positivas indican que el PIB per cápita real de Chile fue consistentemente superior al estimado por el modelo sintético en casi todos los años analizados después de 1994. Esto sugiere que las políticas implementadas tuvieron un impacto positivo en el crecimiento económico de Chile. De hecho, desde el 2002 se empezaron a colocar en operación la mayor parte de las carreteras urbanas e interurbanas concesionadas y los aeropuertos.

Particularmente, desde el año 2002, la diferencia porcentual aumenta de manera considerable, alcanzando su máximo en 2006 con un 95.29%. Este incremento puede asociarse a las reformas económicas y políticas de infraestructura implementadas durante ese periodo, que parecen haber acelerado significativamente el crecimiento económico del país.

El gráfico adjunto refuerza esta interpretación al mostrar una tendencia ascendente en el PIB per cápita real de Chile en comparación con el contrafactual sintético, especialmente a partir del año 2000. Las barras amarillas representan la diferencia porcentual, mientras que las líneas muestran las trayectorias del PIB per cápita real y sintético. La clara divergencia entre las dos líneas a partir de los años 2000 destaca el impacto positivo de las políticas implementadas en Chile.

Ilustración 3: Trayectoria de PIB per cápita para Chile Real y Chile sintético, 1980-2014

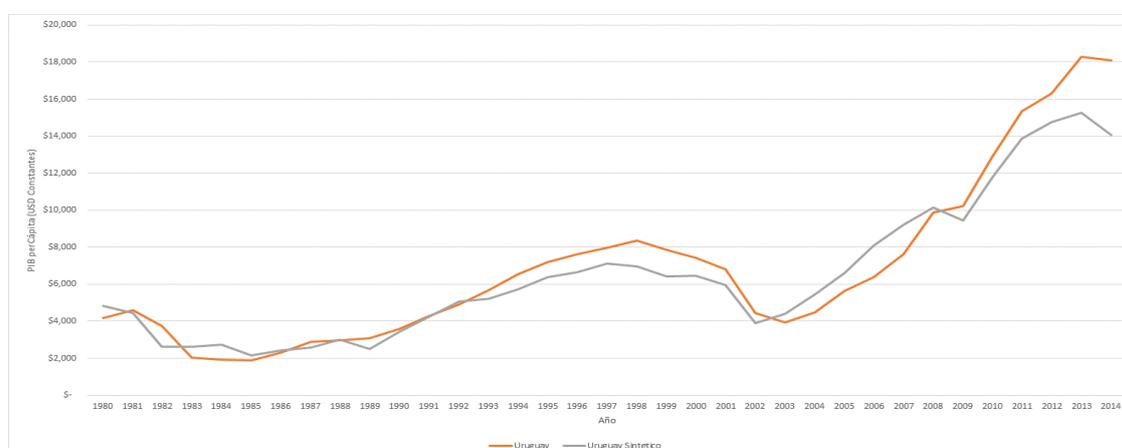


Fuente: Elaboración Propia PIAPPPEM

La robustez y validez de los resultados obtenidos en el análisis principal se refuerzan mediante un análisis de sensibilidad, presentado en el **Anexo I: “Contrafactual Alternativo y Análisis de Sensibilidad de resultados”**, en el cual se replicó el ejercicio original utilizando un conjunto alternativo de países de control con mejores puntajes en el índice Infrascopes. Este análisis adicional permitió verificar la consistencia de las conclusiones al cambiar la composición del grupo de control, confirmando que las políticas de concesiones de obras públicas implementadas en Chile a partir de 1994 han tenido un impacto positivo y significativo en el crecimiento del PIB per cápita. Las diferencias observadas en la magnitud de los impactos entre el análisis principal y el de sensibilidad subrayan la importancia de seleccionar adecuadamente los países de control, pero ambas metodologías coinciden en destacar la efectividad de las políticas implementadas.

Adicionalmente, se realizó un análisis de placebo utilizando a Costa Rica con el fin de evaluar la robustez y significancia del impacto del programa de APP en el PIB per cápita de Chile. Este análisis placebo replica el procedimiento de control sintético aplicado a Chile, pero utilizando datos de Costa Rica como si fuera la unidad tratada. La finalidad de esta comparación es verificar si las diferencias observadas en Chile pueden atribuirse efectivamente al programa de concesiones de obras públicas, o si pudieran ser un “efecto placebo económico” derivado del método utilizado. El control sintético para Costa Rica se construyó empleando el mismo conjunto de donantes, siguiendo el mismo procedimiento que se aplicó a Chile. Los resultados obtenidos muestran las trayectorias del PIB per cápita real y sintético de Costa Rica desde 1980 hasta 2014.

Ilustración 4: Comparación de PIB per cápita Costa Rica Real y Costa Rica Sintético, 1980-2014



Fuente: Elaboración Propia

La figura y los datos presentados indican que las trayectorias de Costa Rica y su control sintético están alineadas en el período pre-tratamiento, con algunas variaciones en el período post-tratamiento. Sin embargo, estas variaciones

no presentan diferencias drásticas, sugiriendo que no hubo un impacto significativo comparable al observado en Chile.

La comparación de los resultados de Costa Rica con los de Chile revela que las diferencias porcentuales entre el PIB per cápita real y el sintético en Costa Rica no muestran un patrón claro de divergencia significativa en el período post-tratamiento. Las variaciones en Costa Rica oscilan tanto en valores positivos como negativos, pero no indican una tendencia consistente. Este comportamiento contrasta con el de Chile, donde se identificaron diferencias significativas después de la implementación del programa APP, lo cual sugiere que el efecto observado en Chile no es un artefacto del método de control sintético.

El análisis de placebo realizado con Costa Rica refuerza la validez del impacto del programa APP en Chile. La ausencia de una divergencia significativa en Costa Rica sugiere que las diferencias observadas en Chile son atípicas y pueden atribuirse al programa de concesiones de obras públicas. Estos resultados proporcionan antecedentes relevantes para afirmar que el control sintético es un buen estimador del PIB per cápita de Chile en ausencia del programa, y que el impacto observado es efectivamente producto de la implementación de las APP.

VII. Conclusiones Generales

El análisis de control sintético realizado para evaluar el impacto de la Ley de Concesiones de Obras Públicas en Chile muestra que las políticas implementadas a partir de 1994 tuvieron un impacto positivo significativo en el crecimiento del PIB per cápita del país. La divergencia creciente entre el PIB per cápita real y el sintético a partir del año 2002 subraya el efecto positivo de las reformas económicas y de infraestructura. Este análisis se valida a través de una cuidadosa selección de países de control y el uso de datos de alta calidad de fuentes confiables.

El método de control sintético ofrece varias ventajas clave. Permite construir un contrafactual más preciso y adecuado cuando no existen grupos de control naturales comparables, minimizando el sesgo y mejorando la validez de las conclusiones.

Además, puede adaptarse a diferentes contextos y tipos de datos, lo que lo hace útil en una amplia gama de estudios de impacto, incluyendo políticas públicas, programas sociales y reformas económicas. Utiliza datos históricos y ponderaciones optimizadas para minimizar las diferencias pre-intervención, lo que refuerza la robustez de las estimaciones post-intervención. Los resultados del análisis sugieren que la implementación de la Ley de Concesiones de Obras Públicas en Chile ha contribuido significativamente al crecimiento económico del país⁸.

Desde 1994 hasta 2014, el PIB per cápita de Chile real fue consistentemente superior al del contrafactual sintético en casi todos los años analizados. La diferencia porcentual alcanzó su máximo en 2006 con un 95.29%, lo que indica que las políticas de concesión tuvieron un efecto extremadamente positivo durante este periodo. A lo largo del periodo de estudio (1994-2014), la diferencia porcentual promedio entre el PIB per cápita real y el sintético fue de aproximadamente 33.12%, lo que sugiere un impacto acumulado significativo de las políticas implementadas.

La cercanía entre el PIB per cápita real y el sintético durante el periodo pre-intervención (1980-1993) valida la precisión del modelo para el análisis post-intervención. La diferencia porcentual en este periodo fue, en promedio, inferior al 5%, lo que refuerza la validez del contrafactual construido. En conclusión, las políticas de concesión de obra pública implementadas en Chile a partir de 1994 han tenido un impacto positivo y significativo en el crecimiento económico del país, como lo demuestra la comparación entre el PIB per cápita real y el sintético.

Estos hallazgos proporcionan evidencia confiable de los beneficios de las reformas de infraestructura y subrayan la importancia de continuar mejorando y perfeccionando el marco de concesiones para mantener y potenciar este crecimiento en el futuro.

⁸ Es importante indicar que durante el mismo periodo de análisis se implementaron varios tratados de libre comercio en Chile, los cuales también podría haber si una contribución estructural al aumento del PIB per cápita. Entre 1994 y 2014, Chile firmó acuerdos comerciales con importantes socios como Estados Unidos, la Unión Europea, China y numerosos países de América Latina. La aplicación de técnicas econométricas complementarias, así como una profundización de la aplicación del método con mayor data, o también, con otras variables explicativas, podría ayudar a obtener un resultado más depurado cuantitativamente respecto al efecto en el PIB per cápita producto del programa de concesiones de obra pública chilena.

VIII. Bibliografía

- Abadie, A., & Gardeazabal, J. (2003). The Economic Costs of Conflict: A Case Study of the Basque Country. *American Economic Review*, 93(1), 113-132. doi:10.1257/000282803321455188
- 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. doi:10.1198/jasa.2009.ap08746
- Abadie, A., & Gardeazabal, J. (2003). The economic costs of conflict: A case study of the Basque Country.
- Andersson, H. (2019). The Impact of Low Emission Zones on Air Quality and Health. *Journal of Environmental Economics and Management*, 96, 239-257. doi:10.1016/j.jeem.2018.12.004
- Angrist, J. D., & Pischke, J.-S. (2009). *Mostly harmless econometrics: An empiricist's companion*. Princeton University Press.
- Athey, S., & Imbens, G. W. (2006). Identification and inference in nonlinear difference-in-differences models. *Econometrica*, 74(2), 431-497.
- Atun, R., Silva, S., Knaul, F. M., Frenk, J., & Horton, R. (2015). Innovative Financing Instruments for Global Health 2002-15: A Systematic Analysis. *Lancet Global Health*, 3(9), e495-e506. doi:10.1016/S2214-109X(15)00085-6
- Banco Mundial. (1980-2014). Base de datos de indicadores de desarrollo mundial. Recuperado de <https://data.worldbank.org>
- Bertrand, M., Duflo, E., & Mullainathan, S. (2004). How much should we trust differences-in-differences estimates? *Quarterly Journal of Economics*, 119(1), 249-275.
- Billings, S. B. (2011). Estimating the Value of a New Transit Option. *Regional Science and Urban Economics*, 41(6), 525-536. doi:10.1016/j.regsciurbeco.2011.03.001
- Bifulco, R., Rubenstein, R., & Sohn, H. (2019). Can Unions Be an Effective Mechanism for Increasing Student Achievement? Evidence from New York City. *Journal of Policy Analysis and Management*, 38(4), 965-992. doi:10.1002/pam.22153
- Burke, M., & Lobell, D. B. (2017). Satellite-based Assessment of Yield Variation and Its Determinants in Smallholder African Systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(12), 3357-3361. doi:10.1073/pnas.1616919114
- Card, D., & Krueger, A. B. (1994). Minimum wages and employment: A case study of the fast-food industry in New Jersey and Pennsylvania. *American Economic Review*, 84(4), 772-793.
- Cavallo, E., Galiani, S., Noy, I., & Pantano, J. (2013). Catastrophic natural disasters and economic growth. *Review of Economics and Statistics*, 95(5), 1549-1561.
- Courtemanche, C., Marton, J., & Yelowitz, A. (2016). Who Gained Insurance Coverage in 2014, the First Year of Full ACA Implementation? *Health Economics*, 25(6), 778-784. doi:10.1002/hec.3334
- Doudchenko, N., & Imbens, G. W. (2016). Balancing, Regression, Difference-in-Differences and Synthetic Control Methods: A Synthesis. NBER Working Paper No. 22791. doi:10.3386/w22791
- Duggan, M., & Morton, F. S. (2019). The Impact of Transportation Infrastructure on Economic Growth: Evidence from the Construction of the Interstate Highway System. *Journal of Urban Economics*, 111, 103-120. doi:10.1016/j.jue.2019.03.003

- Galiani, S., & Quistorff, B. (2017). The Synth Runner Package: Utilities to Automate Synthetic Control Estimation Using Synth. *The Stata Journal*, 17(4), 834-849. doi:10.1177/1536867X1801700405
- Gibbons, S., Lyytikäinen, T., Overman, H. G., & Sanchis-Guarner, R. (2019). New Road Infrastructure: The Effects on Firms. *Journal of Urban Economics*, 110, 35-50. doi:10.1016/j.jue.2019.02.001
- Giannone, D., Lenza, M., & Reichlin, L. (2015). Money, Credit, Monetary Policy and the Business Cycle in the Euro Area: What Has Changed Since the Crisis? *International Journal of Central Banking*, 11(3), 137-173.
- Kleven, H. J., Landais, C., Saez, E., & Schultz, E. (2013). Taxation and International Migration of Superstars: Evidence from the European Football Market. *American Economic Review*, 103(5), 1892-1924. doi:10.1257/aer.103.5.1892
- Kline, P., & Moretti, E. (2014). Local Economic Development, Agglomeration Economies, and the Big Push: 100 Years of Evidence from the Tennessee Valley Authority. *Quarterly Journal of Economics*, 129(1), 275-331. doi:10.1093/qje/qjt034
- Lechner, M. (2011). The estimation of causal effects by difference-in-difference methods. *Foundations and Trends in Econometrics*, 4(3), 165-224.
- Neto, D. D. C. E. S., Cruz, C., & Sarmiento, J. (2017). Understanding the patterns of PPP renegotiations for infrastructure projects in Latin America.
- Petersen, O. H. (2019). Evaluating the costs, quality, and value for money of infrastructure public-private partnerships: A systematic literature review.
- Rasheed, N., Shahzad, W., Khalfan, M., & Rotimi, J. (2022). Risk identification, assessment, and allocation in PPP projects: A systematic review.
- Rosenbaum, P. R., & Rubin, D. B. (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, 70(1), 41-55.
- Rosenbaum, P. R., & Rubin, D. B. (1984). Reducing bias in observational studies using subclassification on the propensity score. *Journal of the American Statistical Association*, 79(387), 516-524.
- The Economist Intelligence Unit. (2010, 2012, 2014, 2016, 2018). *Infrascope: Evaluating the environment for public-private partnerships in Latin America and the Caribbean*. Recuperado de <https://infrascope.eiu.com>
- Toni, E., Paniagua, P., & Ordenes, P. (2023). The Great Divergence: Assessing the Lost Decade of the Latin American Miracle. SSRN. Disponible en: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4640416
- Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data*. MIT Press.
- Zhang, X. (2005). *Critical success factors for public-private partnerships in infrastructure development*.

Anexo I: Contrafactual Alternativo y Análisis de Sensibilidad de resultados.

En este análisis de sensibilidad, replicamos el ejercicio original utilizando un conjunto diferente de países de control, a pesar de que estos países tienen mejores puntajes en el índice Infrascopes en comparación con los países inicialmente seleccionados. Este enfoque permite verificar la robustez de nuestros resultados. Los países seleccionados para este análisis adicional son Brasil, Colombia, México, Panamá y Perú. Se presentan los datos del PIB per cápita en dólares constantes de 2022 para Chile y los países seleccionados, abarcando el período de 1980 a 2014. Se ha decidido usar el mismo rango de años para este contrafactual alternativo para hacerlo comparable al ejercicio anterior.

Tabla 6: PIB per cápita en USD 2022, para Chile y los países Alternativos Seleccionados (1980-2014).

	GDP per Cápita (USD Constantes del 2022)					
	Chile	Brasil	Colombia	México	Panamá	Perú
1980	2,598	1,204	1,682	3,557	2,146	1,151
1981	3,026	1,353	1,793	4,461	2,372	1,356
1982	2,220	1,415	1,879	3,163	2,559	1,316
1983	1,775	1,111	1,828	2,519	2,567	999
1984	1,699	1,082	1,768	2,905	2,620	1,006
1985	1,434	1,683	1,624	3,015	2,710	851
1986	1,515	1,913	1,593	2,043	2,755	1,248
1987	1,756	2,043	1,624	2,195	2,708	2,016
1988	2,035	2,241	1,715	2,631	2,292	1,560
1989	2,306	3,022	1,694	3,145	2,251	1,885
1990	2,522	3,109	1,691	3,640	2,397	1,286
1991	2,850	2,718	1,712	4,282	2,580	1,512
1992	3,392	2,561	1,987	4,873	2,872	1,543
1993	3,572	2,828	2,209	5,933	3,071	1,469
1994	4,059	3,547	2,727	6,087	3,208	1,816
1995	5,154	4,924	3,035	4,110	3,213	2,119
1996	5,387	5,282	3,137	4,597	3,711	2,163
1997	5,799	5,400	3,399	5,485	3,929	2,238
1998	5,476	5,199	3,091	5,759	4,174	2,107
1999	4,986	3,568	2,674	6,436	4,287	1,873
2000	5,100	3,865	2,535	7,468	4,261	1,910
2001	4,608	3,256	2,461	7,902	4,244	1,910
2002	4,480	2,926	2,424	7,935	4,325	1,998
2003	4,825	3,165	2,314	7,390	4,470	2,148
2004	6,184	3,750	2,827	7,807	4,808	2,405
2005	7,558	4,939	3,494	8,626	5,146	2,678
2006	9,410	6,067	3,837	9,457	5,598	3,131
2007	10,447	7,573	4,834	10,064	6,350	3,634
2008	10,760	9,097	5,622	10,438	7,369	4,286
2009	10,177	8,851	5,331	8,347	7,807	4,277
2010	12,723	11,579	6,499	9,633	8,333	5,193
2011	14,560	13,631	7,518	10,554	9,654	5,913
2012	15,316	12,783	8,237	10,631	11,063	6,632
2013	15,740	12,752	8,410	11,099	12,273	6,904
2014	14,583	12,601	8,312	11,272	13,222	6,851

Fuente: Data Bank de Banco Mundial, recuperado em Mayo del 2024.

A continuación, se presentan los puntajes de Infrascopio para Chile y los países seleccionados en diferentes años:

Tabla 7: Puntaje Infrascopio, para Chile y los países Alternativos Seleccionados (2009-2022).

	Chile	Brasil	Colombia	México	Perú
2022	75	76	66	57	63
2019	79	71	77	65	76
2017	74	72	74	68	69
2014	76.6	75.4	61	67.8	70.5
2012	76.4	69.6	59.5	63.8	69.6
2010	79.3	73.2	53.7	58.1	67.2
2009	65.3	60.7	42.4	44.6	53.8

Fuente: Elaboración propia basado en datos del Infrascopio 2009-2022

La tabla de puntajes Infrascopio proporciona una evaluación del entorno para las asociaciones público-privadas (APPs) en diversos los países seleccionados en varios años. Estos puntajes reflejan la calidad y solidez del marco institucional y regulatorio para las APPs mucho mayor a los elegidos en el contrafactual inicial, así como la capacidad de los países para gestionar y desarrollar proyectos de infraestructura en colaboración con el sector privado.

El resultado de aplicar la metodología de construcción de contrafactual sintético arroja los resultados siguientes, en términos de los pasos ponderados que disminuyen las diferencias entre trayectoria de PIB per Cápita de Chile real y Chile sintético entre el año 10980 y 1993 (pre intervención).

Tabla 8: Ponderadores obtenidos por minimización de diferencias cuadráticas para el contrafactual sintético con los países alternativos.

País	Ponderador
Brasil	0.0%
Colombia	0.0%
México	49.3%
Panamá	0.0%
Perú	50.7%

Fuente: Elaboración Propia⁹

El resultado de aplicar la metodología de construcción de contrafactual sintético arroja los resultados siguientes, en términos de los pasos ponderados que disminuyen las diferencias entre trayectoria de PIB per Cápita de Chile real y Chile sintético entre el año 10980 y 1993 (pre-intervención).

A continuación, se presentan los resultados de la comparación entre el PIB per cápita observado en Chile y el estimado mediante el modelo sintético, junto con la diferencia porcentual entre ambos para cada año del periodo de estudio:

Tabla 9: PIB per cápita en USD 2022, para Chile Real y Chile Sintético Alternativo (1994-2014).

Año	PIB per cápita Chile (Real)	PIB per cápita Chile (Control Sintético)	Diferencia Porcentual
1994	4,059	3,923	3.44%
1995	5,154	3,102	66.17%
1996	5,387	3,364	60.13%
1997	5,799	3,840	51.01%

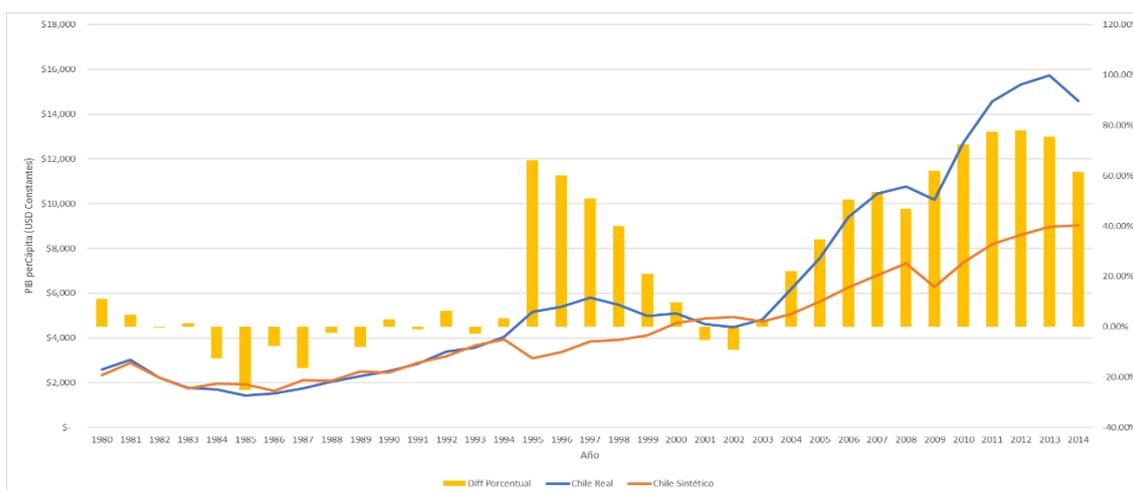
⁹ Que Brasil, Colombia y Panamá tengan un ponderador de 0% en la construcción del contrafactual sintético no es una decisión de modelación, sino que un resultado de la aplicación del modelo de minimización de diferencias cuadráticas.

Año	PIB per cápita Chile (Real)	PIB per cápita Chile (Control Sintético)	Diferencia Porcentual
1998	5,476	3,909	40.07%
1999	4,986	4,124	20.88%
2000	5,100	4,653	9.61%
2001	4,608	4,867	-5.32%
2002	4,480	4,928	-9.09%
2003	4,825	4,735	1.90%
2004	6,184	5,071	21.95%
2005	7,558	5,613	34.65%
2006	9,410	6,253	50.50%
2007	10,447	6,807	53.48%
2008	10,760	7,322	46.95%
2009	10,177	6,285	61.92%
2010	12,723	7,384	72.31%
2011	14,560	8,204	77.49%
2012	15,316	8,605	77.98%
2013	15,740	8,974	75.39%
2014	14,583	9,033	61.44%

Fuente: Elaboración Propia PIAPPEM

El impacto inicial de la Ley de Concesiones en el período de 1994 a 1999 es evidente con una diferencia porcentual creciente entre el PIB per cápita real de Chile y el estimado por el modelo sintético. En 1994, la diferencia es del 3.44%, aumentando significativamente a 66.17% en 1995. Este rápido aumento sugiere que las políticas de concesiones empezaron a tener un impacto notable en el crecimiento económico de Chile casi de inmediato. Durante el período de 1996 a 1999, la diferencia porcentual se mantiene alta, aunque con una ligera disminución hacia 1999. Esto indica una continuidad en el impacto positivo de las políticas de concesiones, con el PIB per cápita de Chile manteniéndose consistentemente por encima del contrafactual sintético.

En el período de 2000 a 2009, se observa una caída en la diferencia porcentual durante los años 2000 a 2002, incluso con valores negativos en 2001 y 2002 (-5.32% y -9.09%, respectivamente). Esto podría estar relacionado con factores externos o internos que afectaron temporalmente el crecimiento económico de Chile, como la crisis económica global a principios de la década de 2000. A partir de 2003, la diferencia porcentual vuelve a ser positiva y aumenta constantemente, alcanzando un pico de 61.92% en 2009. Esto refleja un resurgimiento en el impacto positivo de las concesiones y una recuperación económica sólida. El período de 2010 a 2014 muestra las diferencias porcentuales más altas del análisis, con un máximo del 77.98% en 2012. Estos altos valores sugieren que las políticas de concesiones continuaron teniendo un impacto significativo y positivo en el crecimiento económico de Chile. Aunque hay una ligera disminución en la diferencia porcentual en 2014 (75.39% en 2013 y 61.44% en 2014), el impacto sigue siendo notablemente positivo. Esto indica que, a pesar de posibles fluctuaciones, las políticas de concesiones han mantenido su efecto positivo a lo largo del tiempo.

Ilustración 5: Trayectoria de PIB per cápita para Chile Real y Chile sintético, 1980-2014

Fuente: Elaboración Propia PIAPPEM

Comparando con el análisis original, la magnitud del impacto en el análisis de sensibilidad muestra una diferencia porcentual máxima de 77.98% en 2012, mientras que en el análisis original fue de 95.29% en 2006. Aunque las magnitudes son diferentes, ambas muestran un impacto positivo significativo. La consistencia en la tendencia es importante, ya que ambos análisis muestran una tendencia creciente en la diferencia porcentual a partir de 2002, lo que confirma el impacto sostenido y positivo de las políticas de concesiones a largo plazo. En el análisis de sensibilidad, hay más fluctuaciones, especialmente en los primeros años (2001-2002), lo que podría reflejar la influencia de otros factores económicos en los nuevos países de control seleccionados.

El análisis de sensibilidad con los nuevos países de control (Brasil, Colombia, México, Panamá y Perú) confirma los resultados originales. Las políticas de concesiones de obras públicas en Chile han tenido un impacto positivo significativo en el crecimiento del PIB per cápita, a pesar de las diferencias en magnitud y algunas variaciones temporales.

El análisis de sensibilidad revela que las diferencias son menos notorias en comparación con el ejercicio original, lo cual se puede atribuir a los mejores puntajes en el índice Infrascopes de los países seleccionados. Estos puntajes más altos indican un entorno más favorable para las asociaciones público-privadas, lo que podría reducir las diferencias entre el contrafactual sintético y el PIB per cápita real de Chile. No obstante, las políticas de concesiones siguen mostrando un impacto positivo significativo en el crecimiento económico del país, reafirmando la validez y efectividad de dichas políticas.