



Universidad de Concepción
Dirección de Postgrado
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Programa de Magíster en Economía de Recursos Naturales y del Medio Ambiente

**“Inconsistencia Dinámica:
Implicancias para la Política Medio Ambiental”.**

LEONEL EDUARDO BADILLA ARAYA
CONCEPCIÓN-CHILE

2016

Tesis para optar al grado de
Magíster en Economía de Recursos Naturales y del Medio Ambiente

Profesor Guía: Iván Eduardo Araya Gómez
Departamento de Economía
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Universidad de Concepción

Agradecimientos

Agradezco, en primer lugar, a mi profesor guía, don Iván Araya Gómez, por su paciencia, dedicación y compromiso con este trabajo; en especial por creer en mi esfuerzo y acompañarme en este camino.

A mi familia, Yasnuri y Amir, por todo el amor, apoyo y felicidad que me brindan, lo que hace que todo el esfuerzo valga la pena.

A mis padres y hermanas, por el incondicional apoyo, por la confianza puesta en mí y la alegría de todos los años juntos.

Por último, pero no menos importante, a mi abuelo Miguel, por su cariño, comprensión y constante apoyo.

Tesis financiada por CONICYT-PCHA/Magíster Nacional/2013 - folio 22130230.

Resumen

El concepto de desarrollo sostenible de la economía es un tema recurrente en la sociedad actual. Los conceptos de cuidado y la calidad medio ambiental se encuentran frecuentemente en desarrollos de ciencia e investigación. Así, es claro que en las diferentes políticas económicas de desarrollo y crecimiento, el aspecto medio ambiental debe estar presente y es parte importante en la concepción y puesta en marcha de políticas de toda índole, incluyendo los temas económicos. Un aspecto importante a considerar en la creación de políticas que permitan contrarrestar el deterioro medio ambiental y la consecuente pérdida de bienestar social es el de la inconsistencia dinámica. Este aspecto refleja un escenario factible en el cual una sociedad puede desenvolverse en la búsqueda de la sostenibilidad medio ambiental. El objetivo principal del trabajo de tesis es presentar una evidencia empírica, realizando simulaciones computacionales, de la presencia de inconsistencia dinámica en la política medio ambiental, en el uso de un impuesto como herramienta de regulación de la contaminación, en un escenario donde los agentes formulan sus expectativas de forma racional. Además, se realizan simulaciones para decidir si la estrategia óptima es un impuesto de tipo discrecional o uno de tipo regla (impuesto fijo) o para estudiar el comportamiento de los resultados obtenidos, al aplicar algún tipo de shock real (como noticias inesperadas de índole medio ambiental).

Abstract

The concept of sustainable development of the economy is a recurring theme in today's society. The concepts of care and environmental quality are often in developments in science and research. Thus, it is clear that in the different economic policies of development and growth, the environmental aspect must be present and is an important part in the design and implementation of policies of all kinds, including economic issues. An important aspect to consider in creating policies to counteract the environmental degradation and consequent loss of social welfare is the dynamic inconsistency. This aspect reflects a possible scenario in which a society can function in pursuit of environmental sustainability. The main goal of the thesis is to present empirical evidence, performing computer simulations, the presence of dynamic inconsistency in environmental policy, the use of a tax as a tool of pollution regulation in a scenario where agents formulate their expectations rationally. In addition, simulations are performed to determine whether the optimal strategy is a tax discretionary or a rule type (flat tax) or to study the behavior of the results obtained by applying some kind of shock actual (as unexpected news medium nature environmental).

Tabla de Contenido

Agradecimientos	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice de figuras	vi
1. Introducción	1
2. Descripción de la Literatura	4
3. Modelo de política ambiental con inconsistencia dinámica	11
4. Simulaciones y resultados	14
4.1. Simulaciones	14
4.2. Un ejemplo	17
4.3. Análisis de convergencia y estabilidad del modelo	18
5. Conclusiones	22
Bibliografía	24

Índice de figuras

4.1. Tasa discrecional versus tasa óptima	15
4.2. Producción discrecional versus producción fija	16
4.3. Pérdidas discrecional versus producción fija	17
4.4. Condiciones de convergencia ante la situación impositiva con choques positivos ($\epsilon_t > 0$) sobre la estabilidad de la política ambiental.	19
4.5. Condiciones de convergencia ante la situación impositiva con choques negati- vos ($\epsilon_t < 0$) sobre la estabilidad de la política ambiental.	21

Capítulo 1

Introducción

El concepto de desarrollo sostenible de la economía, considerando el cuidado medio ambiental como una prioridad, es un tema recurrente en la sociedad actual. Más aún, los conceptos de cuidado y la calidad medio ambiental se encuentran frecuentemente en desarrollos de ciencia e investigación. En trabajos como Smith y Krutilla (1979); Tata y Schultz (1988), Brännlund y Kriström (1996); y Whitford y Wong (2009) se dan los sustentos teóricos y empíricos de esto. Así, es claro que en las diferentes políticas económicas de desarrollo y crecimiento, el aspecto medio ambiental debe estar presente y es parte importante en la concepción y puesta en marcha de políticas de toda índole, incluyendo los temas económicos, buscando revisar y/o redefinir los distintos eslabones del proceso productivo de las economías, considerando un desarrollo ecológico sostenible.

Trabajos como Tietenberg (1990), Hahn y Stavins (1991), Barr (2003), Mickwitz (2003), Harrington y Morgenstern (2004) tratan la problemática de la necesidad de un desarrollo sostenible de la economía, tanto de forma teórica como empírica, describiendo distintos puntos de vista para enfrentar el problema.

Un aspecto importante a considerar en la creación de políticas que permitan contrarrestar el deterioro medio ambiental y la consecuente pérdida de bienestar social es el de la inconsistencia dinámica. Este aspecto refleja un escenario factible en el cual una sociedad puede desenvolverse en la búsqueda de la sostenibilidad medio ambiental. Esta tesis permite sacar conclusiones sobre el comportamiento social en respuesta a un instrumento tan usual como

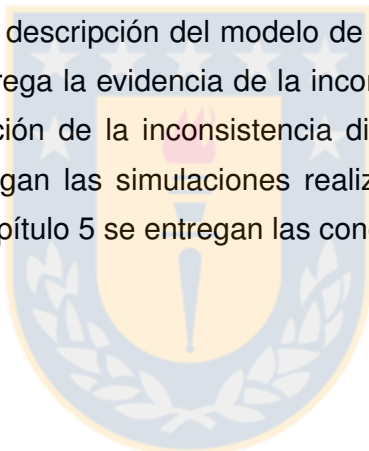
un impuesto que un ente gubernamental puede usar y sobre el cual puede tomar decisiones de forma discrecional y sus efectos sobre la producción, influyendo en la estabilidad de la política medio ambiental. La investigación propuesta en esta tesis se encamina por esa vía, exponiendo un enfoque innovador ante un intento por ampliar los análisis sobre el desempeño estable de las políticas ambientales, es decir en la búsqueda de un instrumento que permita una sostenibilidad ambiental al menor costo social posible.

Existen muy pocas investigaciones que discutan la presencia o no de inconsistencia dinámica en la política ambiental. En los trabajos de Marsiliani y Renström (2000); Abrego y Perroni (2002), y Helm, Hepburn y Marsh (2004) se asume la presencia de inconsistencia dinámica en política medio ambiental y se estudian diferentes puntos de vista para solucionar este problema. Además, en Grossman y Krueger (1993); Dasgupta, Laplante, Wang y Wheeler (2002), y Sten (2004) se entrega evidencia de la presencia de *trade-off* entre calidad ambiental y desarrollo económico en países desarrollados, representada por la Curva Kuznets, lo que su vez, puede traducirse en producción. En otras palabras, se establece que una mayor producción económica es síntoma de un mayor crecimiento económico, lo que, según lo autores, se traduce en una menor calidad medio ambiental. Así, el análisis de la presencia de inconsistencia dinámica en el uso de algún instrumento para la regulación de la producción queda justificado.

En Maldonado (2012), se plantea un modelo basado en una función de pérdida de bienestar social que una autoridad, con un claro objetivo de sanidad ambiental (posiblemente un Ministerio de Medio Ambiente), busca minimizar. Para ello, la autoridad tiene, bajo su libre control, una tasa impositiva promedio por producto industrial contaminante, con la cual interactúa con la sociedad para alcanzar una combinación tasa impositiva-producción industrial que genere la menor pérdida de bienestar. A fin de evaluar la presencia de inconsistencia dinámica, el autor asume que la sociedad conoce plenamente el modo de actuar de la autoridad ambiental y, en correspondencia, establece sus expectativas sobre la tasa impositiva (siendo información primaria en la optimización). Además, no se descarta que durante el proceso de optimización la autoridad también reaccione ante eventos exógenos aleatorios favorables o no (por ejemplo, noticias positivas, o negativas, e inesperadas sobre indicadores ambientales de economías vecinas), que pongan en entredicho la estabilidad de corto plazo en la relación entre el impuesto y la producción industrial.

El objetivo principal del trabajo de tesis es presentar una evidencia empírica, realizando simulaciones computacionales siguiendo el modelo teórico presentado en Maldonado (2012), de la presencia de inconsistencia dinámica en la política medio ambiental, en el uso de un impuesto como herramienta de regulación de la contaminación, en un escenario donde los agentes formulan sus expectativas de forma racional. Además, se realizan ejercicios de simulación para decidir si la estrategia óptima es un impuesto de tipo discrecional o uno de tipo regla (impuesto fijo) o para estudiar el comportamiento de los resultados obtenidos, al aplicar algún tipo de shock real (como noticias inesperadas de índole medio ambiental).

El presente documento se estructura de la siguiente manera: En la siguiente sección se da una breve descripción de la literatura reelevante para lograr los objetivos de la investigación. En el Capítulo 3 se entrega una descripción del modelo de política ambiental en el que está basado nuestro trabajo y se entrega la evidencia de la inconsistencia dinámica presente. En el Capítulo 4 se da una aplicación de la inconsistencia dinámica en política ambiental en un ejemplo concreto y se entregan las simulaciones realizadas, con una discusión de los resultados. Finalmente, en el Capítulo 5 se entregan las conclusiones del trabajo de tesis.



Capítulo 2

Descripción de la Literatura

El problema de inconsistencia dinámica inicialmente tomó relevancia en el campo de la política monetaria, gracias a Kydland y Prescott (1977). En este tipo de política, los actores principales son inflación y desempleo. Lo innovador de los autores es que incluyen en su análisis las expectativas racionales, lo que junto a la “Curva de Phillips”, permite que la sociedad conozca completamente el comportamiento futuro de la autoridad monetaria. Así, la inconsistencia dinámica surge cuando la autoridad adopta decisiones de forma discrecional, violando acuerdos previos, incentivada por la posibilidad de generar un bienestar monetario a corto plazo.

La diferencia fundamental entre las políticas discrecional y óptima deriva de su horizonte temporal: mientras que la secuencia de política óptima minimiza la función objetivo en todo el horizonte de planeación, la discrecional optimiza la función objetivo en un instante determinado del tiempo¹. Ahora bien, preguntemos: ¿cuál es la política óptima? La secuencia de la política óptima es la solución que se obtiene al resolver un problema de optimización dinámica; sin embargo, por fortuna, dicha solución es alcanzable por medio de un simple ejercicio intuitivo: La función de pérdida de la autoridad monetaria depende de los datos observados de inflación y desempleo; si la autoridad fija una política de inflación igual a cero en todo el horizonte de planeación entonces no habrá pérdida asociada a inflación positiva. Por su parte, la racionalidad de los agentes los lleva a formular una expectativa de inflación igual a cero en

¹Se puede expresar la política óptima como la elección de lo que es *mejor* siempre, mientras que la política discrecional como la elección de lo que es mejor hoy

todo el horizonte de planeación, lo que contribuye a la ausencia de inflación inesperada y, por tanto, asegura que el desempleo se encuentre en su tasa natural.

El supuesto de usar expectativas racionales nos permite concluir que la sociedad conoce los beneficios que puede obtener la autoridad monetaria y desarrolla sus expectativas considerando una tasa mayor a la prometida, lo que provoca inestabilidad de corto plazo en la relación entre la inflación y el desempleo. La autoridad, en su planificación, considera la respuesta racional de la sociedad como un parámetro exógeno, lo cual genera un sesgo inflacionario. De esta manera, toda actuación monetaria discrecional resulta en una inflación óptima por encima de lo deseado por la economía aunque sin incrementar necesariamente el nivel de producción.

Es claro que este desarrollo de los eventos no refleja un comportamiento consistente, entendiendo por consistencia a la toma de decisiones que optimizan, para cada período de tiempo, la función de pérdida social. Aquí, se tiene lo siguiente: por un lado, la autoridad al contar con instrumentos de política bajo su control tendrá incentivos para desviarse de una política planeada hacia otra que sea consistente en cada instante de tiempo; por otro lado, no hay posibilidades de sorpresas inflacionarias dado que el público forma sus expectativas racionalmente, asegurando la inconsistencia en la política.

Fischer (1990) señala que la inconsistencia dinámica se da cuando: “una política óptima planeada en el presente para algún período futuro deja de ser óptima cuando aquel período llega, aún cuando no haya aparecido nueva información relevante en el ínterin”. Así, en un contexto de expectativas racionales, la actuación discrecional optará por aquella política que sea mejor para un momento de tiempo en particular y no para todo momento. Por lo tanto, con una visión de largo plazo, si no existe un compromiso que obligue a implementar en cada período de tiempo la política inicialmente planeada, llegado el momento la política ejecutada perdería eficiencia siendo, por lo tanto, subóptima.

El problema de la inconsistencia dinámica no sólo se ha desarrollado en el campo de la política monetaria. Por ejemplo, se ha estudiado la inconsistencia dinámica presente tanto en modelos de recaudación como en modelos de endeudamiento público. El modelo en el que se basa el análisis de Lucas y Stokey (1983) es un modelo sin capital, lo que evita uno de los pro-

blemas de inconsistencia dinámica que puede incidir sobre la tributación. Por ejemplo, cuando existe un acervo de capital privado en la economía que el gobierno puede confiscar o expropiar sin provocar distorsiones, surge un problema de inconsistencia dinámica. El gobierno podría *ex ante* proponer impuestos al ingreso del capital muy bajos para no desincentivar la acumulación del capital, pero *ex post*, una vez acumulado el acervo de capital, se podrían aumentar estos impuestos para incrementar la recaudación. Si el gobierno puede expropiar capital privado una vez que éste se ha acumulado, se genera una inconsistencia dinámica que altera los incentivos de los agentes privados al ahorro y a la inversión.

Calvo y Obstfeld (1988), por su parte, encuentran otras fuentes de inconsistencia dinámica en la política fiscal en un modelo de generaciones traslapadas con acumulación de capital y agentes heterogéneos con vidas finitas. Las autoridades fiscales enfrentan inconsistencias dinámicas en este modelo si la función de bienestar social no está definida apropiadamente, o si las autoridades fiscales no cuentan con herramientas suficientes para hacer transferencias entre generaciones en los modelos con horizontes finitos.

De la misma manera en que existe inconsistencia dinámica en una economía con capital privado que puede ser confiscado por el gobierno, también surge la inconsistencia dinámica en una economía con deuda pública. Desde un punto de vista dinámico, en estos modelos podría resultar óptimo para las autoridades repudiar un acervo de deuda pública una vez que ésta se ha podido colocar entre el público.

En un modelo donde no existe la posibilidad de adquirir compromisos a futuro, se ha argumentado que en el equilibrio la deuda pública no tiene valor y que, al no poder endeudarse, el gobierno se ve limitado en sus políticas fiscales. Chari y Kehoe (1992) presentan un argumento para explicar la existencia del servicio de la deuda pública en equilibrio. En este modelo, el gobierno teme que no le presten en el futuro por incumplimiento de sus obligaciones financieras presentes y eso le incentiva a cumplir con ellas. Debido a que el costo de no tener acceso a los mercados de capitales es mayor al beneficio de repudiar la deuda, se observa bajo esta lógica el cumplimiento de las obligaciones financieras del gobierno.

Chari y Kehoe argumentan, sin embargo, que la lógica de los juegos repetidos empleada

en otras aplicaciones de la inconsistencia dinámica de la política económica, principalmente la monetaria, no es aplicable directamente en este caso. El problema radica en que los modelos con deuda de gobierno son modelos con una variable de estado. La existencia de una variable de estado liga los períodos entre sí y no permite que la interacción estratégica sea idéntica en cada período. La existencia de la deuda pública rompe con uno de los supuestos básicos del análisis de teoría de juegos repetidos, cambiando la interacción estratégica de cada período y convirtiéndolo en un juego dinámico más que en un juego repetido. Por ejemplo, si existe un nivel máximo o tope de endeudamiento, la amenaza de no prestarle más al sector público no es suficiente para garantizar que no se repudie la deuda pública, una vez que el endeudamiento ha alcanzado dicho tope. Esto se debe a que un gobierno que está endeudado al máximo enfrenta la misma estrategia por parte de sus acreedores, cometa o no el incumplimiento de sus obligaciones financieras. Al llegar a su tope de endeudamiento, el gobierno tiene incentivos a repudiar la deuda pública. Al tomar conciencia de que el gobierno eventualmente incumplirá con sus obligaciones financieras, sus acreedores no permiten que el endeudamiento crezca, limitando la política fiscal del gobierno.

Estos autores resuelven la paradoja del endeudamiento público soberano argumentando la existencia de equilibrios múltiples, en los cuales se puede caer en caso de repudiar la deuda pública. Es decir, un país que no cumple con sus obligaciones financieras corre el riesgo de caer en un nuevo equilibrio donde su bienestar se reducirá, sin que sea necesario pensar en un período de castigo por parte de sus acreedores. La amenaza de ir cayendo en equilibrios cada vez más adversos, con mayores primas de riesgo país, resulta suficiente para garantizar que los países endeudados no suspendan los pagos sobre sus obligaciones financieras. De manera similar, Calvo (1998) utiliza los equilibrios múltiples para explicar los problemas que enfrentan las autoridades para darle servicio a la deuda pública.

En la actualidad, la necesidad de un desarrollo ambiental sostenible no está en duda y son variados los trabajos que entregan evidencia de esto. Por ejemplo, Whitford y Wong (2009) nos presentan resultados cuantitativos sobre los fundamentos de la sostenibilidad ambiental, medidos a través de países con geografía, grados de desarrollo, costumbres sociales y entidades políticas muy diferentes. Las conclusiones del trabajo son que la democracia es un factor importante en el desarrollo de la sostenibilidad, mientras que en un país esté instaurado un

sistema de administración federativo no influye en el grado de sostenibilidad ambiental. Otros trabajos que dan fe de ello, por mencionar algunos, abarcan: desde Smith y Krutilla (1979), Bentham (1986), Tata y Schultz (1988), Brännlund y Kriström (1996), Gopinath y Wu (1999), hasta Gowdy (2004).

Para lograr la sostenibilidad medio ambiental es esencial elaborar políticas medio ambientales, junto con conocer y estudiar los instrumentos de política existentes. En diversos estudios se desarrollan estas diferencias y entregan evidencia de resultados ambiguos en el uso de uno u otro instrumento para controlar la producción y, por ende, la contaminación medio ambiental. A modo de ejemplo, en Harrington y Morgenstern (2004) se desarrolla una discusión sobre el mejor punto de vista al enfrentar el problema de contaminación ambiental: Incentivos Económicos, como los permisos de emisión transables, o un método de Comando y Control, como un impuesto de tipo piguviano. En favor de los Incentivos Económicos, se tiene que generan menos costos sociales, pero desde el punto de vista de la producción, las industrias perciben que un método de Comando y Control es menos costoso para ellas. Además, a lo largo de todo su estudio, los autores certifican que todos los métodos implementados son una especie de híbrido entre un método de Comando y Control con Incentivos Económicos, y que los resultados obtenidos son mejores que los esperados.

Es claro que en la puesta en marcha de las medidas políticas medio ambientales tendrá efecto sobre el bienestar social. Por lo tanto, es natural estudiar la posible inconsistencia dinámica que pueda presentarse y los distintos puntos de vista asociados a los posibles instrumentos de política. Sin embargo, el problema de la inconsistencia temporal en la política ambiental no ha recibido una gran atención en la literatura. Varios trabajos recientes proponen modelos en los que se plantea que la inconsistencia temporal aparece en modelos cuyo objetivo es la distribución. Por ejemplo, en el modelo de dos períodos de Abrego y Perroni (2002), el hacedor de política emplea un impuesto a las emisiones con el fin de fomentar la inversión en un proceso de producción limpia. Sin embargo, una vez que la inversión ha tenido lugar, es óptimo para el formulador de políticas reducir el impuesto con el fin de minimizar los impactos distributivos no deseados. Es por esto que los agentes privados concluyen que la promesa de altos impuestos futuros de emisiones no es creíble.

Además, son exiguos los estudios que plantean directamente una función de pérdida de bienestar social, con base en instrumentos económicos, evaluando la inconsistencia dinámica de aplicar políticas ambientales. Batabyal (1995) nos indica que uno de los principales problemas al que se debe hacer frente al elaborar regulaciones medio ambientales es la inconsistencia temporal y la dinámica, y nos presenta un análisis sobre la forma de plantear el problema a resolver, usando optimización dinámica, y de las posibles soluciones, entre las cuales se presenta un contrato o compromiso como principal solución. En Abrego y Perroni (2002), se muestra que el efecto de la inconsistencia dinámica puede ser mitigado mediante el empleo de subvenciones a la inversión junto a impuestos de emisión, o Marsiliani y Renström (2000) admiten la presencia de inconsistencia dinámica en política ambiental y nos entregan una discusión sobre un compromiso como solución al problema en el uso de impuestos. En Helm, Hepburn y Mash (2004) se demuestra que la credibilidad de la política ambiental se puede obtener mediante la delegación de responsabilidades para lograr los objetivos de emisión a una autoridad independiente. Se consideran tres formas de delegación. En primer lugar, si la autoridad es capaz de establecer y mantener una buena reputación, se puede delegar la verdadera función de bienestar social. En segundo lugar, esta autoridad puede delegar el control de un instrumento, como un impuesto, con el fin de lograr un objetivo en emisiones de contaminación. En tercer lugar, la discreción puede ser concedida a una autoridad constituida por un “hacedor de política con consciencia medio ambiental” similar a un Banco Central conservador.

En Maldonado (2012), se relaciona lo expuesto por Kydland y Prescott con el campo medio ambiental. Se entrega una evidencia teórica de la presencia de inconsistencia dinámica en las decisiones de protección del medio ambiente tomadas por algún ente del Estado con autoridad ambiental. Se plantea una función de pérdida social donde la autoridad ambiental ordena el *trade-off* existente entre un índice de calidad ambiental deseado y un nivel de producción industrial contaminante, pero necesaria para el devenir económico. Para ello, se asume que el ente competente, en su único objetivo de sanidad ambiental, utiliza una tasa impositiva promedio por unidad de flujo contaminante como instrumento de política que le permite captar recursos fiscales de industrias contaminantes y, al mismo tiempo, desincentivar la producción industrial reduciendo el nivel de polución.

Un aspecto relevante es la presencia o no de un *trade-off* entre calidad ambiental deseada y un nivel de producción industrial contaminante. Trabajos como Grossman and Krueger (1993); Dasgupta, Laplante, Wang y Wheeler (2002), y Stern (2004) nos entregan evidencia de la presencia de un *trade-off* entre calidad ambiental y desarrollo, el cual a su vez lo podemos traducir en producción, junto con concluir que casi todos los tipos de contaminantes siguen una relación dada por la “Curva de Kuznets”.² En particular, Selden y Song (1994) entregan evidencia empírica para afirmar que la contaminación debida a emisiones de gases y la producción siguen una relación dada por una curva de Kuznets.



²Fue Panayotou (1993) a partir de estudios sobre el efecto del crecimiento económico en una serie de indicadores ambientales de aire y tierra, quien introdujo en la literatura la expresión de la hipótesis de la “Curva de Kuznets Ambiental” (CKA). Esta hipótesis sostiene que la contaminación aumenta con el crecimiento económico hasta cierto nivel de ingreso, después del cual empieza a reducirse (Arrow et al., 1995; Suri y Chapman 1998; Ekins, 2000).

La hipótesis de la existencia de la CKA ha llevado a pensar que el propio crecimiento económico es por sí mismo la solución de los problemas ambientales ya que la mejora del medio ambiente será una consecuencia casi inevitable del crecimiento económico. Este hecho tiene un impacto importante sobre las negociaciones internacionales, en especial sobre las de libre comercio. Si bien no existen autores que hayan desarrollado articuladamente esta relación por escrito, la secuencia lógica implícita es la siguiente: 1) el libre comercio acelera el crecimiento económico, 2) el crecimiento económico lleva a un crecimiento de las demandas internas por mejoras ambientales; entonces, 3) el libre comercio lleva a un proceso de mejora del ambiente a través del desencadenamiento de factores internos.

Capítulo 3

Modelo de política ambiental con inconsistencia dinámica

En Maldonado (2012), se adopta una estructura funcional similar a la expuesta anteriormente sobre materia de políticas monetarias. Se trabaja con una función de pérdida de bienestar social donde algún ente con competencia ambiental elige, en el corto plazo y con libre control sobre una tasa impositiva promedio por unidad de flujo de producto industrial contaminante, la combinación entre dicha tasa y el nivel de producción industrial de la economía.

Los supuestos básicos sobre este modelo son los siguientes:

1. El sector productivo se agrega en la función social de la economía y produce el mismo bien, anhelado por la economía;
2. La función de pérdida de bienestar social (L_t) es cuadrática en las desviaciones entre: la tasa impositiva promedio sobre el flujo de contaminación generado por las industrias (i_t) respecto de la tasa impositiva promedio socialmente deseada (i^*), y el logaritmo de la producción promedio realizada (q_t) respecto de la promedio socialmente deseada (q^*);
3. Tanto i_t como q_t adoptan sólo valores positivos;
4. La autoridad ambiental plantea el escenario impositivo controlando i_t , mientras que las industrias acomodan su nivel de producción (Q_t), con $q_t = \ln(Q_t)$;

5. i^* se establece implícitamente por la sociedad ante el efecto nocivo que la polución tiene sobre el bienestar social, y q^* se establece implícitamente con el ajuste entre la oferta industrial y la demanda del mercado;
6. La sociedad otorga un peso relativo positivo ($\phi > 0$, parámetro exógeno) a la estabilización de la tasa impositiva definida discrecionalmente por el ente competente en relación con la estabilización de la producción;
7. Cualquier efecto por cambios en i_t tiene una respuesta vía producción.

Luego, la función de pérdida de bienestar social queda:

$$L_t = \frac{1}{2} \left((i_t - i^*)^2 + \phi(q_t - q^*)^2 \right) \quad (3.1)$$

Uno de los supuestos es considerar una relación directamente proporcional entre la desviación de i_t de su nivel esperado (i^e) y la desviación de q_t de su nivel esperado (q^e), es decir que existe $\alpha > 0$ tal que

$$q^e = \alpha(i_t - i^e) + \varepsilon_t, \quad (3.2)$$

siendo ε_t igual a una perturbación estocástica ruido blanco, la cual se puede interpretar como revisiones incesantes de las decisiones de política ambiental y recoge toda contingencia o información adicional que incide sobre su estabilidad.

Otro supuesto razonable es que el conjunto de información disponible manejado por la sociedad contiene datos completos sobre las acciones de política ambiental pasadas o presentes, es decir, se permite un escenario estratégico dentro del cual las expectativas impositivas se forman racionalmente sobre la tasa impositiva promedio. Mientras que, por otro lado, se plantea que el nivel de producción industrial esperado coincide referencialmente con su nivel inmediatamente anterior, esto es:

$$i^e = E_{t-1} i_t \quad \text{y} \quad q^e = q_{t-1}. \quad (3.3)$$

En resumen, se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$i_t = i^* + \phi\alpha(q^* - q_{t-1}) - \frac{\phi\alpha}{1 + \phi\alpha^2}\varepsilon_t \quad (3.4)$$

y la reacción de parte del sector productivo:

$$q_t = q_{t-1} + \frac{1}{1 + \phi\alpha^2} \varepsilon_t, \quad (3.5)$$

y por último, los valores medios son, respectivamente:

$$E(i_t) = i^* + \phi\alpha(q^* - q_{t-1}) \quad \text{y} \quad E(q_t) = q_{t-1}. \quad (3.6)$$

Con estos resultados, se evidencia de forma teórica el problema de inconsistencia dinámica. En principio, la tasa impositiva óptima a la que cual debe atender la actuación de política es i^* . No obstante, la falta de compromiso en materia de política entre la autoridad ambiental y los agentes económicos, hace que la primera reaccione asumiendo como dadas las expectativas que los últimos fijaron racionalmente antes de la elección de la política sobre la tasa impositiva promedio. Con ello, la tasa óptima pasa a ser $i^* + \phi\alpha(q^* - q_{t-1})$. Luego, es evidente cómo surge un sesgo instrumental dado por la adición del factor $\phi\alpha(q^* - q_{t-1})$, generándose una carga impositiva superior a la socialmente deseada. Ese sesgo instrumental lo pagan inútilmente tanto las industrias (no todo cambio en la tasa impositiva se traduce íntegramente en cambios en los precios) como el resto de la sociedad pues, aunado con la necesidad de oferta industrial presente, hace que la política ambiental no consiga reducir la producción promedio más allá del nivel inicialmente esperado (ver Expresión (3.6)).

Capítulo 4

Simulaciones y resultados

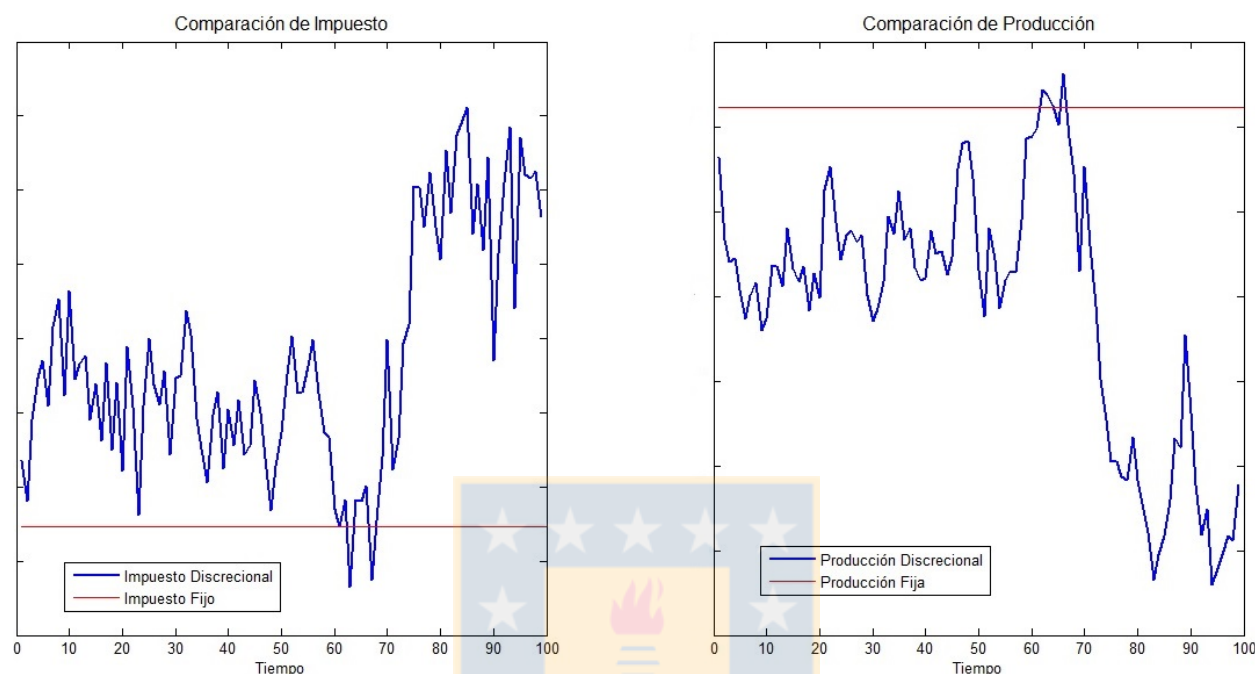
4.1. Simulaciones

Con el fin de validar la presencia de inconsistencia dinámica en el modelo propuesto por Maldonado (2012), se realizan algunos ejercicios de simulaciones computacionales en MATLAB. Las simulaciones, en conjunto, forman un experimento de Monte Carlo.

El experimento de Monte Carlo implementado sigue los siguientes pasos:

1. Para las funciones de reacción encontradas y para la función de pérdida planteada, se simula la evolución del modelo con un horizonte $T = 100$.
2. Este procedimiento es repetido 100 veces, obteniéndose para cada tiempo 100 observaciones.
3. Estos datos los usamos para estimar los parámetros necesarios para el modelo: impuestos y producción óptimos.
4. Usando estos parámetros, realizamos las simulaciones definitivas en las que se observa la evolución de las respuestas óptimas discrecionales y se comparan con el óptimo estimado en los pasos anteriores.

Figura 4.1: Tasa discrecional versus tasa óptima

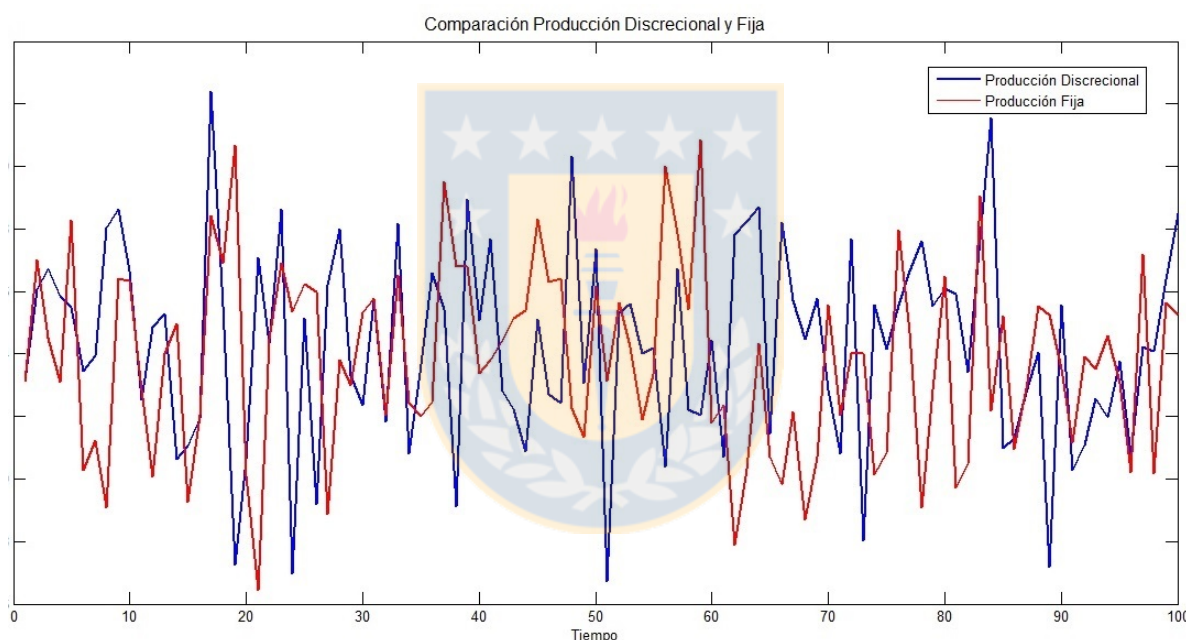


Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 4.1 se observa la evolución del impuesto óptimo discrecional con respecto al impuesto óptimo social (fijo) (izquierda) y la evolución de la producción que es respuesta al impuesto discrecional con respecto a la producción óptima social (fija) (derecha). Se compara el impuesto óptimo, el cual es la línea horizontal, con el impuesto obtenido de forma discrecional. Notamos que el impuesto discrecional es, en general, mayor que el impuesto social fijo, manteniéndose oscilando dos puntos y medio por sobre el impuesto óptimo social. En las últimas treinta observaciones observamos que el impuesto discrecional se dispara a más de cinco puntos al alza, lo que se puede traducir como un comportamiento estratégico asociado a que el horizonte de planeación es finito. Con esto, se aprecia que si el hacedor de política puede tomar sus decisiones de forma discrecional sobre un impuesto usado para regular la producción, con el fin de obtener un mayor bienestar social medio ambiental, entonces la tasa impositiva se mantiene mayor en casi todo el período, lejana a la tasa impositiva que para la sociedad es óptima. En su contraparte de la producción, el efecto se replica, manteniéndose en casi todo el período por debajo de la producción social óptima, lo que produce una disminu-

ción crítica del producto y un alza en sus precios. Igual que antes, en el período comprendido por las últimas treinta observaciones, el efecto sobre la producción se agudiza, casi llegando a ser cero. Puesto que el horizonte es finito, esto se explica: al acercarse el final de la simulación, se aprecia un intento por parte de la autoridad de recuperar credibilidad, bajando la tasa impositiva a la óptima, produciendo un “engaño” a la sociedad, para posteriormente, al ya no interesarle mantener su credibilidad, sólo buscar alcanzar el mayor beneficio posible. Si el horizonte no fuera finito, se espera que el comportamiento inicial se mantuviera.

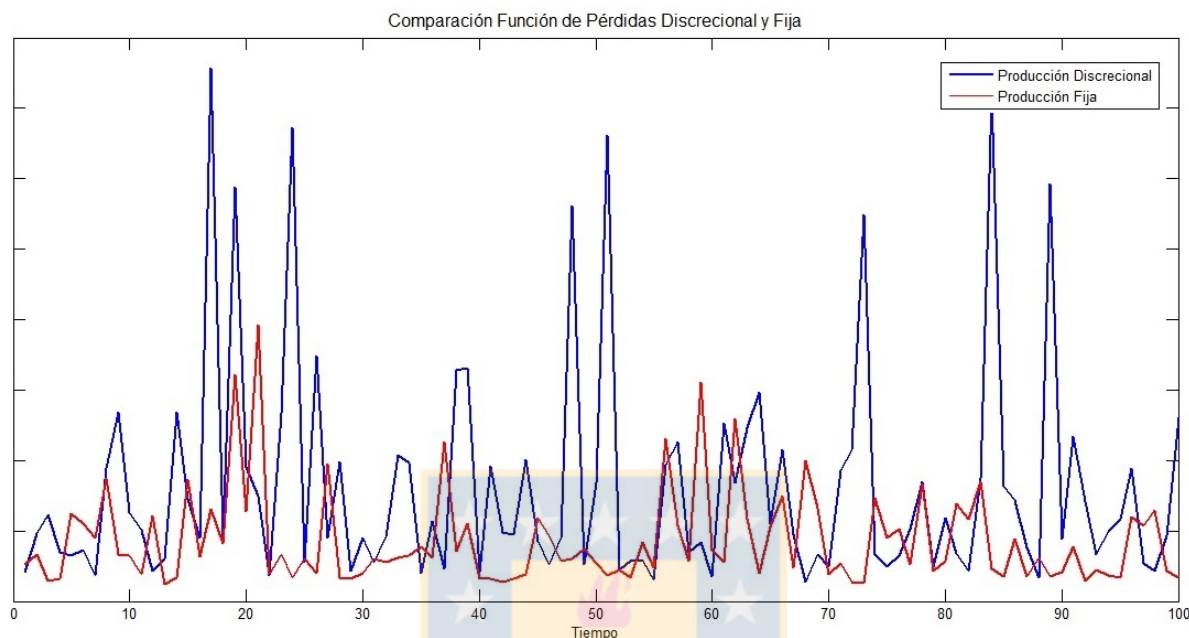
Figura 4.2: Producción discrecional versus producción fija



Fuente: Elaboración Propia

Observando la Figura 4.2, se tiene un leve indicio de que un impuesto fijo genera una producción con una volatilidad menor que si la producción fuera respuesta a un impuesto que varía de forma discrecional, lo que confirmamos al comparar las varianzas: La varianza de la producción que es respuesta a un impuesto discrecional es 10,12, mientras que la varianza de la producción que es respuesta a un impuesto fijo (no necesariamente el impuesto que es óptimo) es 8,90, es decir que el impuesto discrecional posee una varianza mayor que la del impuesto óptimo, lo que produce una mayor inestabilidad en el bienestar social.

Figura 4.3: Pérdidas discrecional versus producción fija



Fuente: Elaboración Propia

Por último, para reafirmar la aseveración anterior, observamos la Figura 4.3, donde encontramos las diferencias entre las pérdidas debidas a el uso de un impuesto discrecional y las pérdidas debidas a el uso de un impuesto fijo en el tiempo. Se observa de una forma más clara que un impuesto discrecional produce pérdidas sociales mucho mayores que las debidas a un impuesto de tipo fijo en el tiempo. Más aún, se observan unos picks de de pérdidas discrecionales que superan en casi el doble a las pérdidas debidas a mantener fijo el impuesto óptimo social. En el total de las simulaciones se observa un número de picks de pérdidas alto, llegando a un 10 % de las observaciones, mientras que las pérdidas debidas mantener un impuesto fijo son estables y mantienen en un rango de magnitudes bajo.

4.2. Un ejemplo

En diversos países, en los que se incluye Chile, se debe hacer frente al problema de localización de la inversión y su relación con la calidad medio ambiental. El problema consiste en que se presenta una alta concentración de firmas o industrias en una pequeña parte del

territorio y estudia diversos enfoques de cómo realizar una segregación de este porcentaje; por ejemplo, en Chile no hay discusión de que la Región Metropolitana concentra un significativo porcentaje de la población y de la actividad económica del país.

Esta problemática se ha intentado abordar desde diversas perspectivas. Una de ellas consiste en considerar el problema de índole administrativo, con el Estado jugando un papel fundamental y se propone como solución el traslado de algún poder del Estado a otra región del país o en entregar más atribuciones o un mayor poder de decisión a organismos de gobierno con asiento en regiones. Otra perspectiva diferente sostiene que se debe confeccionar una serie de incentivos que motiven a las empresas a trasladarse a otras regiones, los que pueden ser beneficios tributarios o diversos subsidios a la contratación de mano de obra, a la compra de terrenos industriales o a los estudios de pre-inversión.

Enfocándonos en el segundo punto de vista mencionado, notamos que en un primer instante, para la sociedad es óptimo que las industrias se disgreguen y se trasladen a regiones diferentes a la que ya están localizadas, pues así logran descontaminar un terreno saturado por industrias y además logran impulsar el crecimiento económico de otras zonas del país. Para lograr esto, el Estado promete los incentivos antes mencionados. Una vez que las industrias se trasladan e instalan en la nueva localización, para el Estado es óptimo actuar de forma discrecional y dejar de entregar los incentivos prometidos, ya que es consciente de que la inversión realizada por las firmas es de largo plazo. Con esto, queda en evidencia que la política inicialmente planeada no es consistente en el tiempo, ya que lo que era óptimo en un inicio, deja de serlo cuando las empresas realizan la inversión a largo plazo. Como las empresas conocen esto, la promesa de incentivos sin algún tipo de compromiso de por medio, no es suficiente para lograr que se trasladen, ya que gracias a las expectativas racionales, son conscientes de que para el Estado dejará de ser óptimo seguir entregando los incentivos prometidos una vez realizada la inversión a largo plazo.

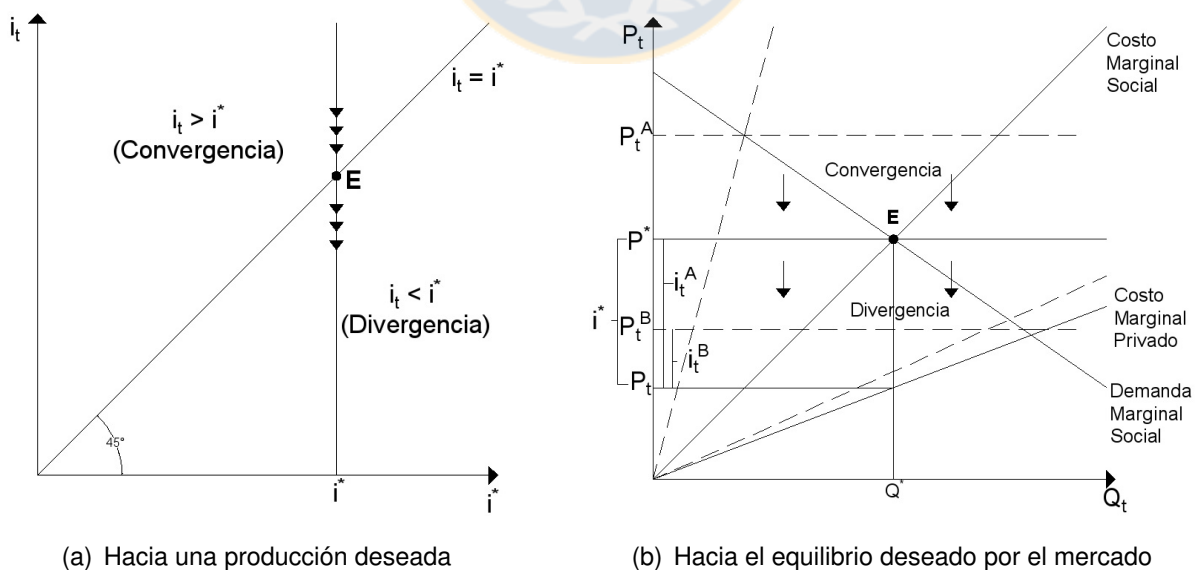
4.3. Análisis de convergencia y estabilidad del modelo

En esta sección analizaremos la convergencia y la estabilidad del modelo. En Maldonado (2012), se define la convergencia del modelo como la tendencia hacia una mayor estabilidad

dada por la capacidad que manifiesta la tasa impositiva y la cuota de producción industrial para ajustarse a sus niveles socialmente deseados ante la incidencia de algún evento o choque aleatorio; la coincidencia de los niveles deseados con sus valores por reacción representa el equilibrio socialmente deseado del modelo. Por su parte, cuando el evento aleatorio aleja la decisión discrecional y de producción industrial de lo socialmente deseado existe divergencia en el modelo.

A falta de evidencia empírica que permita realizar el análisis requerido, se realizan simulaciones computacionales, siguiendo el mismo ensayo propuesto en la sección anterior, con la diferencia de que en algún instante de tiempo, definido de forma aleatoria, se aplica algún tipo de shock positivo o negativo, y se estudia la reacción del modelo. Se verá que la inestabilidad de corto plazo que inducen estos shocks provocará cambios tanto en el comportamiento de la autoridad como en el del sector productivo. Un ejemplo de un shock aleatorio positivo es alguna noticia favorable e inesperada sobre indicadores ambientales de economías vecinas; mientras que un ejemplo de un shock aleatorio negativo es el empeoramiento en la calidad del aire por falta de ventilación o precipitaciones, que es un hecho fortuito.

Figura 4.4: Condiciones de convergencia ante la situación impositiva con choques positivos ($\epsilon_t > 0$) sobre la estabilidad de la política ambiental.



Fuente: Maldonado (2012)

De acuerdo al modelo teórico presentado en la sección anterior, ante la presencia de un shock de tipo positivo, que produce una mejora en la calidad medio ambiental, es de esperar que la decisión que tome la autoridad sea la de reducir la tasa impositiva, lo que a su vez, provocará que la oferta industrial tienda a ser mayor. Puesto que se asume constante la cuota de producto socialmente deseada, la razón entre el nivel de producto óptimo y el socialmente deseado aumentará. Lo anterior tiene repercusiones ambiguas sobre la convergencia del modelo dependiendo del nivel inicial de la tasa impositiva promedio.

Las simulaciones numéricas respaldan el comportamiento predicho por el modelo de Maldonado (2012). La convergencia del modelo depende de forma intrínseca de la situación ambiental que se presenta en el instante inmediatamente anterior al que se produce el shock positivo. Así, si al momento de producirse el shock la tasa impositiva óptima discrecional es mayor a la socialmente deseada, y puesto que la autoridad reaccionará disminuyendo la tasa, se tiene que el modelo converge. Al contrario, si la tasa impositiva discrecional es menor a la tasa óptima social, debido al comportamiento de la autoridad ambiental modelada, se produce una disminución aún mayor, lo que produce un aumento en la producción que podría conducir a una polución que puede resultar intolerable por la sociedad, lo que claramente implica la divergencia del modelo.

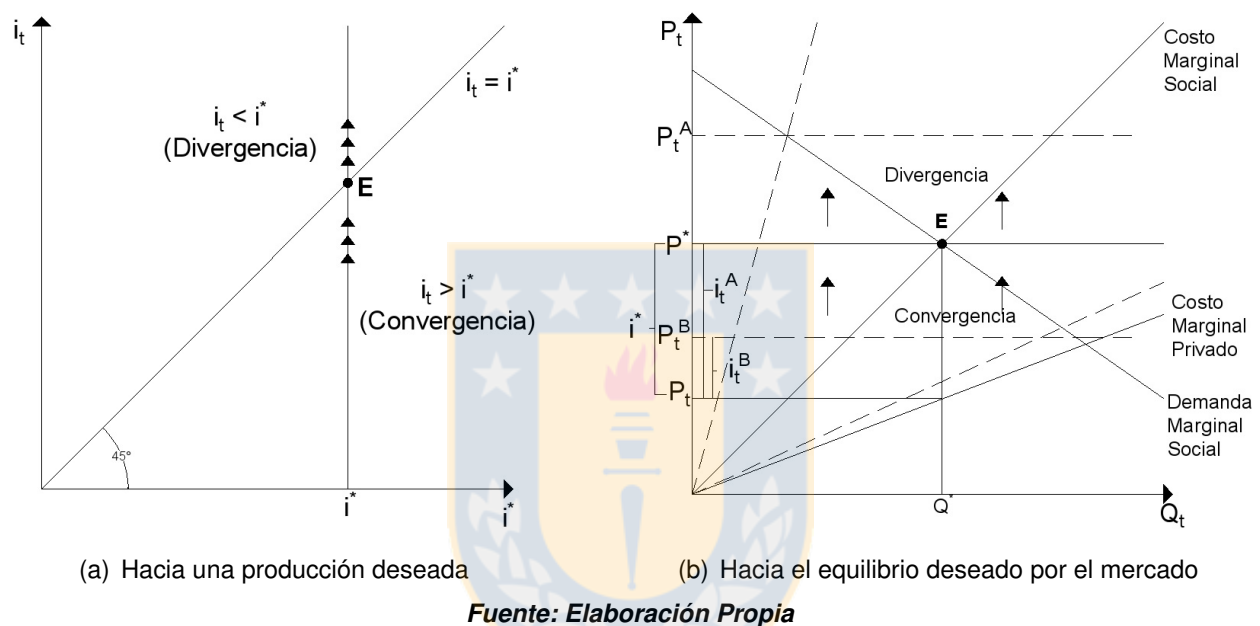
Con esto, se concluye que el comportamiento predicho por el modelo teórico de Maldonado (2012), el cual se resume en la Figura 4.4., queda respaldado por las simulaciones numéricas realizadas.

Análogamente, ante la presencia de un shock de tipo negativo, es de esperar que la decisión que tome la autoridad sea la de aumentar la tasa impositiva, lo que a su vez, provocará que la oferta industrial tienda a ser menor. Nuevamente, estas fluctuaciones tienen un efecto ambiguo sobre la convergencia del modelo.

Si al momento de producirse el shock la tasa impositiva óptima discrecional es mayor a la socialmente deseada, y puesto que la autoridad reaccionará aumentando la tasa, se tiene que la respuesta en producción es disminuir más aún los niveles que ya eran bajos para la producción óptima social. Esto puede implicar una escasez del producto mayor a lo tolerable

por la sociedad, lo que claramente permite concluir que el modelo diverge. En cambio, si la tasa impositiva discrecional es menor a la tasa óptima social, debido al comportamiento de la autoridad ambiental modelada, se produce una convergencia del modelo.

Figura 4.5: Condiciones de convergencia ante la situación impositiva con choques negativos ($\epsilon_t < 0$) sobre la estabilidad de la política ambiental.



Con esto, se concluye que el comportamiento predicho por el modelo teórico, el cual se resume en la Figura 4.5., queda respaldado por las simulaciones numéricas realizadas.

Capítulo 5

Conclusiones

El concepto de desarrollo sostenible de la economía es un tema recurrente en la sociedad actual. Un aspecto importante a considerar en la creación de políticas que permitan contrarrestar el deterioro medio ambiental y la consecuente pérdida de bienestar social es el de la inconsistencia dinámica. Este aspecto refleja un escenario factible en el cual una sociedad puede desenvolverse en la búsqueda de la sostenibilidad medio ambiental.

A modo de ejemplo de inconsistencia dinámica en políticas que involucran bienestar social medio ambiental se tiene el problema de localización de la inversión y su relación con la calidad medio ambiental. El problema consiste en que se presenta una alta concentración de firmas o industrias en una pequeña parte del territorio y estudia diversos enfoques de cómo realizar una segregación de este porcentaje. Un solución factible al problema es prometer incentivos como beneficios tributarios o diversos subsidios a la contratación de mano de obra, a la compra de terrenos industriales o a los estudios de pre-inversión. El problema surge cuando esta promesa de incentivos no queda respaldada por un contrato, pues es claro que una vez realizada la inversión por parte del sector productivo, para el Estado es óptimo dejar de entregar los incentivos prometidos.

Se presenta una evidencia empírica, realizando simulaciones computacionales, de la presencia de inconsistencia dinámica en la política medio ambiental, en el uso de un impuesto como herramienta de regulación de la contaminación, en un escenario donde los agentes formulan sus expectativas de forma racional. Las simulaciones comparan la evolución de las

pérdidas sociales cuando la decisión gubernamental es mantener la tasa impositiva constante en el tiempo, e igual a la que es óptima para la sociedad, con las pérdidas obtenidas cuando el ente estatal decide de forma discrecional el valor de la tasa impositiva. Se concluye que las pérdidas son mayores en el caso discrecional. Más aún, se aprecia que el comportamiento de la tasa impositiva en el último tramo de la simulación tiende a aumentar de forma continua, lo cual es indicio de un comportamiento estratégico debido a la cercanía del último período. Lo mismo sucede con la producción que es respuesta a la tasa impositiva, es decir que en el último tramo de la simulación la producción tiende a disminuir de forma continua.

Además, se usaron simulaciones computacionales para estudiar la estabilidad y convergencia del modelo. Para ello se utilizaron shocks aleatorios de índole positivo o negativo, en algún instante arbitrario de la simulación del modelo de inconsistencia dinámica formulado. Ante un shock positivo, se tiene que la autoridad gubernamental debiera reaccionar disminuyendo el valor de la tasa impositiva, lo que se traduce en un aumento en la producción. Así, para lograr la convergencia del modelo al equilibrio óptimo social, se debe tener que en el instante de la aplicación del shock positivo, la tasa impositiva debe ser mayor a la socialmente deseada. En caso contrario, la actuación de política traerá consigo una polución industrial más allá de lo socialmente tolerable.

Análogamente, ante un shock negativo, se tiene que la autoridad gubernamental debiera reaccionar aumentando el valor de la tasa impositiva, lo que se traduce en un desincentivo a la producción. Así, para lograr la convergencia del modelo al equilibrio óptimo social, se debe tener que en el instante de la aplicación del shock negativo, la tasa impositiva debe ser menor a la socialmente deseada. En caso contrario, la actuación de política traerá consigo una escasez del producto que afectará de forma negativa a la sociedad.

Bibliografía

- [1] S. Barr. Strategies for sustainability: Citizen and environmental behavior. *Area*, 35(3):227–240, 2003.
- [2] R. Barro y D. Gordon. A positive theory of monetary policy in a natural rate model. *The Journal of Political Economy*, 91(4):589–610, 1983.
- [3] R. Barro y D. Gordon. Rules, discretion and reputation in a model of monetary policy. *Journal of Monetary Economics*, 12:101–121, 1983.
- [4] R. Barro, V. Grilli, y R. Febrero. *Macroeconomía. Teoría y Política*. Editorial McGraw-Hill, 2002.
- [5] A. Batabyal. Leading issues in domestic environmental regulation: a review essay. *Ecological Economics*, 12:23–39, 1995.
- [6] R. Brännlund y B. Kriström. Welfare measurement in single and multimarket models: Theory and application. *American Journal of Agricultural Economics*, 78(1):157–165, 1996.
- [7] G. Calvo. Servicing the public debt. *American Economic Review*, 78, 1988.
- [8] G. Calvo y M. Obstfeld. Optimal time-consistent policy with infinite lifetimes. *Econometrica*, 56(2), 1988.
- [9] V. Chari y P. Kehoe. Sustainable plans and debt. *Journal of Economic Theory*, 61(2), 1993.
- [10] S. Dasgupta, B. Laplante, H. Wang, y D. Wheeler. Confronting the environmental kuznets curve. *The Journal of Economic Perspective*, 16(1):147–168, 2002.

- [11] S. Fischer. Rules versus discretion in monetary policy. *Handbook of Monetary Economics*, 2(21):1155–1184, 1990.
- [12] G. Grossman y A. Krueger. Environmental impacts of a north american free trade agreement. *MIT Press, Cambridge*, págs. 165–177, 1993.
- [13] R. Hahn y R. Stavins. Economic incentives for environmental protection: integrating theory and practice. *CSIA Discussion Paper*, 91-15: Kennedy School of Government, Harvard University, 1991.
- [14] W. Harrington y R. Morgenstern. Economic incentives versus command and control: What's the best approach for solving environmental problems? *Resources Fall/Winter*, 152, 2004.
- [15] D. Helm, C. Hepburn, y R. Mash. Time-inconsistent environmental policy and optimal delegation. *Oxford University, Department of Economics, Discussion Paper*, 175, 2004.
- [16] L. Karp y M. Newbery. *Handbook of Natural Resource and Energy Economics*, vol. III. Elsevier Science Publishers B. V., 1993.
- [17] F. Kydland y E. Prescott. Rules rather than discretion: The inconsistency of optimal plans. *The Journal of Political Economy*, 85(3):473–492, 1977.
- [18] H. Lomelí y B. Rumbos. *Métodos dinámicos en economía. Otra búsqueda del tiempo perdido*. Thomson Editores, México, 2003.
- [19] R. Lucas y N. Stokey. Optimal fiscal and monetary policy in an economy without capital. *Journal of Monetary Economics*, 12, 1983.
- [20] L. Maldonado. Política ambiental discrecional y bienestar social: Un modelo de inconsistencia dinámica. *Atlantic Review of Economics*, 1:165–177, 2012.
- [21] L. Marsiliani y T. Renström. Time inconsistency in environmental policy: Tax earmarking as a commitment solution. *The Economic Journal*, 110:123–138, 2000.
- [22] P. Mickwitz. A framework for evaluating environmental policy instruments. *Evaluation*, 9(4):415–436, 2003.

- [23] D. Romer. *Macroeconomía Avanzada*. Editorial McGraw-Hill, 2006.
- [24] T. Selden y D. Song. Environmental quality and development: Is there a kuznets curve for air pollution emissions? *Journal of Environmental Economics and Management*, 27:147–162, 1994.
- [25] S. Sheffrin. *Expectativas racionales*. Alianza Universidad, Madrid, 1983.
- [26] K. Smith y J. Krutilla. Resource and environmental constraints to growth. *American Journal of Agricultural Economics*, 61(3):395–408, 1979.
- [27] D. Stern. The rise and fall of the environmental kuznets curve. *World Development*, 32(8):1419–1439, 2004.
- [28] R. Tata y R. Schultz. World variation in human welfare: A new index of development status. *Annals of the Association of American Geographers*, 78(4):580–593, 1988.
- [29] T. Tietenberg. Economic instruments for environmental regulation. *Oxford Review of Economic Policy*, 6(1):17–33, 1990.
- [30] A. Whitford y K. Wong. Political and social foundations for environmental sustainability. *Political Research Quarterly*, 62(1):190–204, 2009.