



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ECONOMÍA

EFFECTOS DE LA COORDINACIÓN DE LAS POLÍTICAS  
MONETARIA Y FISCAL EN MÉXICO 1994-2014. UN  
ENFOQUE DE TEORÍA DE JUEGOS Y FUNCIÓN DE  
PÉRDIDA

**TESIS**  
**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**  
**LICENCIADO EN ECONOMÍA**

**PRESENTA :**

ISAAC MEDINA MARTÍNEZ



**DIRECTOR DE TESIS:**

DR. MIGUEL CERVANTES JIMÉNEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.,  
AGOSTO 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS:

A mi madre por su amor incondicional, por siempre ser mi guía y por el costo de oportunidad en el que incurrió para permitirme concluir mis estudios,

Al profesor Miguel Cervantes Jiménez por todo el apoyo, las enseñanzas y consejos invaluable.

A mi familia que me acompañó y apoyó en esta etapa tan importante de mi vida.

A Carolina, Zorayda, Alan y Rogelio por ser mis mejores amigos y alegrar cada uno de mis días en esta universidad.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Economía por permitirme estudiar y formarme profesionalmente en sus aulas, es para mí un orgullo formar parte de esta universidad.

A Mariana Elizabeth Lugo López Cano por haberme permitido compartir a su lado los mejores momentos de mi vida, por el gran amor que siempre me entrega y por haberme dado la fortaleza para concluir esta etapa.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	5
1. LA INTERACCIÓN DE LA POLÍTICA FISCAL Y MONETARIA EN MÉXICO 1994-2014.....	8
1.1. La política fiscal y el régimen de saldos acumulados 1994-2003 .....	9
1.2. La política fiscal y el régimen de saldos diarios 2003-2008.....	12
1.3. La política fiscal y el régimen de objetivos de inflación 2008-2014.....	16
Conclusiones.....	21
2. TEORÍA DE JUEGOS .....	22
2.1. Juegos estáticos con información completa y perfecta .....	23
2.1.1. Minimax .....	23
2.1.2. Equilibrio de Nash.....	26
2.1.3. Juegos en forma extensiva.....	28
2.1.4. El dilema del prisionero.....	30
2.2. Juegos dinámicos con información completa y perfecta .....	33
2.2.1. Inducción hacia atrás. ....	33
2.2.2. Equilibrio perfecto en subjuegos .....	38
2.2.3. Modelo de Stackelberg.....	41
2.3. Teoría de juegos aplicada a la interacción de las políticas fiscal y monetaria.....	43
Conclusiones.....	48
3. JUEGO ESTÁTICO Y DINÁMICO PARA MÉXICO 1994-2014 .....	51
3.1. Modelo estático de equilibrio general.....	52
3.2. Juego estático con información completa y perfecta .....	56
3.2.1. Función de reacción de la autoridad monetaria.....	57
3.2.2. Función de reacción de la autoridad fiscal .....	58
3.2.3. Equilibrio de Nash.....	59
3.3. Juego dinámico con información completa y perfecta del tipo Stackelberg .....	61
3.4. Resultados del juego para el caso de México .....	63
3.4.1. Juego estático con información completa y perfecta.....	64
3.4.2. Juego dinámico con información completa y perfecta .....	67
3.4.3. Comparación de resultados.....	69
Conclusiones.....	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	73

ANEXO .....80

## INTRODUCCIÓN

La política fiscal y la política monetaria son algunas de las herramientas más importantes con las que cuenta un país para hacer frente a los ciclos económicos, comúnmente estas dos herramientas eran puestas en marcha por la misma entidad, el gobierno, sin embargo, en los últimos años se ha generalizado el hecho de un banco central independiente de la autoridad fiscal, esa independencia ha llevado a los bancos centrales a tener sus propios objetivos que pueden, o no, ser congruentes con los objetivos de la autoridad fiscal. La interacción entre ambas autoridades adquiere sentido, pues ahora cada autoridad busca llegar a su objetivo, sin embargo, la política monetaria buscando llegar a su objetivo planteado puede interferir con los objetivos de la política fiscal y viceversa, provocando pérdidas de bienestar en cada autoridad así como en la sociedad. Ambas políticas pueden elegir interactuar entre sí o actuar cada una de manera independiente, lo cual tendría resultados distintos para la economía.

El uso de la teoría de juegos permite obtener la utilidad de cada jugador por elegir cierta acción, es tan extensa que se puede obtener dicha utilidad con distintas formas de interacción, es decir, con juegos que se juegan una sola vez, con juegos que se juegan dos veces o incluso con juegos repetidos infinitamente. La interacción entre la política fiscal y monetaria, por su relevancia y particular estructura, ha sido analizada con la teoría de juegos, pues de esta forma se pueden observar distintos escenarios y distintas formas de interacción. Los trabajos referidos a este tema se pueden diferenciar principalmente en dos, aquellos que suponen la utilidad de cada autoridad y aquellos que calculan dicha utilidad. El primer trabajo en traer a colación dicho problema fue el de Sargent y Wallace ellos utilizaron la teoría de juegos para analizar los efectos que tienen distintas formas de interacción entre la política fiscal y la política monetaria sobre la habilidad de la política monetaria para controlar la inflación (Sargent & Wallace, 1981), Lambertini utilizó un modelo de oferta y demanda agregada para analizar la interacción entre la política fiscal y monetaria con juegos estáticos y juegos dinámicos con el fin de encontrar la interacción óptima que minimice la función de pérdida de la sociedad de la Unión Monetaria Europea (Lambertini & Rovelli, 2003), Dixit y Lambertini utilizaron un modelo de equilibrio general estático, analizaron juegos estáticos y

dinámicos poniendo énfasis en el resultado de dichos juegos sobre la inflación y el producto (Dixit & Lambertini, 2000), Sergei Merzlyakov analizó la interacción entre la política fiscal y monetaria para Rusia utilizando un modelo de equilibrio general, poniendo énfasis en los resultados de dichos juegos en la inflación, el producto y el tipo de cambio (Merzlyakov, 2012), Kirsanova utilizó un modelo de equilibrio general dinámico y analizó bajo qué tipo de interacción, entre la política fiscal y monetaria, se responde de mejor manera a los choques exógenos y al mismo tiempo minimiza la función de pérdida de la sociedad (Kirsanova, 2005), Saulo, Rego y Divino aplicaron un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico y analizaron juegos estáticos y dinámicos para encontrar la interacción óptima entre la política fiscal y monetaria que minimizara las pérdidas de la sociedad, además, realizaron un ejercicio numérico para la sociedad brasileña (Saulo, Rêgo, & Divino, 2010).

El objetivo de esta tesis es determinar la interacción óptima entre la política fiscal y monetaria que minimice la función de pérdida de cada autoridad, pero en especial que minimice la función de pérdida de la sociedad mexicana, poniendo énfasis en los efectos de dicha interacción en la inflación, el producto, la tasa de interés y el gasto gubernamental, mediante el uso de la teoría de juegos analizando un juego estático con información completa y un juego dinámico con información completa.

El trabajo se estructura en tres apartados, en el primero se presentan las distintas políticas fiscales y monetarias llevadas a cabo en México durante el periodo de estudio, poniendo énfasis en la existencia o no de interacción entre estas, en el segundo apartado se aborda la teoría de juegos y se describen los juegos estáticos y los juegos dinámicos, ambos con información completa, y en el tercer apartado se presenta un juego estático y un juego dinámico para la economía mexicana con el fin de observar que tipo de interacción minimiza las funciones de pérdida tanto de las autoridades como de la sociedad.

La hipótesis de esta tesis indica que cuando las autoridades se toman en cuenta a la hora de tomar sus decisiones, la pérdida de la sociedad mexicana es menor en relación a cuando dichas autoridades a través de la política fiscal y la política monetaria actúan cada una por su parte sin tomarse en cuenta. Se utilizará la teoría de juegos, en específico, los juegos estáticos

y dinámicos, con el fin de observar que tipo de interacción trae las menores pérdidas para la sociedad mexicana.

Esta tesis es conveniente porque teóricamente servirá para determinar la interacción óptima entre la política fiscal y monetaria que minimice las pérdidas para cada autoridad pero en especial para la sociedad mexicana, y tendrá implicaciones prácticas pues una óptima interacción se puede traducir en una mejora para la sociedad. En México se han hecho trabajos sobre coordinación entre la política monetaria y fiscal, sin embargo, en éste se analizarán distintas formas de interacción llenando así el hueco existente en la literatura. Se espera además conocer las pérdidas para la sociedad de distintas formas de interacción, con el fin de que dichos resultados se usen para realizar una política económica óptima en México.



# 1. LA INTERACCIÓN DE LA POLÍTICA FISCAL Y MONETARIA EN MÉXICO 1994-2014

La interacción de las políticas monetaria y fiscal es de suma importancia pues son las dos políticas más importantes con las que cuenta un gobierno y/o una sociedad para enfrentar los principales problemas económicos, estas dos políticas pueden ser puestas en marcha por una misma entidad como sucedió durante mucho tiempo, o pueden ser puestas en marcha por autoridades independientes, como es el caso del actual Banco de México (Banxico), Banco de Inglaterra, Banco de Chile, etc., en donde la política monetaria es puesta en marcha por el Banco central y la política fiscal por el Gobierno. Esto representa un cambio muy importante pues al ser independientes sus objetivos no son necesariamente los mismos y por ende el actuar de una autoridad podría dificultar alcanzar su objetivo a la otra autoridad. La interacción y coordinación de ambas políticas se vuelve importante en el sentido de que ambas políticas deben ayudar a minimizar la función objetivo de la sociedad.

En este capítulo se presentará la interacción y/o coordinación que ha habido entre las políticas fiscal y monetaria en el periodo de estudio, poniendo énfasis en los efectos de dicha interacción en la inflación y el producto, se analizará la política monetaria llevada a cabo por el Banxico, así como los regímenes que éste ha adoptado, y la política fiscal llevada a cabo por el gobierno mexicano.

El capítulo se integra por tres apartados, en el primero se presenta la interacción entre la política fiscal y el régimen de saldos acumulados en el periodo 1994-2003, en el segundo se presenta la interacción entre la política fiscal y el régimen de saldos diarios implementado por el Banxico en el periodo 2003-2008, y en el tercero se presenta la interacción entre la política fiscal y el régimen de objetivos de inflación en el periodo de 2008-2014.

## 1.1. La política fiscal y el régimen de saldos acumulados 1994-2003

Al inicio de la década de los noventa “comenzó a observarse una serie de cambios institucionales alrededor de otros bancos centrales del mundo, los cuales estaban conduciendo su política monetaria hacia la estabilidad de los precios” (Rivera, 2012); México no fue la excepción, pues aunque en periodos pasados se había hablado de la importancia de la estabilidad de precios no es sino hasta 1993 cuando esto se formaliza e institucionaliza y se reforman los artículos 28, 73 y 123 de la constitución mexicana:

- El artículo 28 dice: “El Estado tendrá un banco central que será autónomo en el ejercicio de sus funciones y en su administración. Su objetivo prioritario será procurar la estabilidad del poder adquisitivo de la moneda nacional... Ninguna autoridad podrá ordenar al banco conceder financiamiento”.
- El artículo 73 donde el congreso ya no tiene facultad para establecer el banco de emisión único.
- El artículo 123 dice “El Banco central y las entidades de la administración pública Federal que formen parte del sistema bancario mexicano registrarán sus relaciones laborales con sus trabajadores por lo dispuesto en el presente Apartado”

Con estas modificaciones se le dio a Banxico su autonomía en funciones y administración, y además su único objetivo; procurar la estabilidad del poder adquisitivo de la moneda nacional y procurar un sano funcionamiento del sistema financiero y de pagos (Banco de México, 1993). Con estos cambios es claro que la política monetaria ahora es independiente de la política fiscal y los objetivos no son necesariamente los mismos, por ejemplo, en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 1995-2000 se mencionan los objetivos de la política económica los cuales son:

- Promover el crecimiento económico vigoroso y sustentable
- Incrementar la inversión total
- Mantener finanzas públicas sanas.

Se puede observar el cambio que existe, pues teniendo en cuenta el objetivo primordial de Banxico, estos objetivos son meramente alcanzables con la política fiscal, y aunque es cierto que en el PND se menciona que para lograr un crecimiento económico vigoroso se “requiere condiciones de creciente estabilidad de precios” (1995, pág. 107) esa responsabilidad y objetivo es relegado al banco central pues se menciona que “La responsabilidad de conducir la política monetaria corresponde, por mandato constitucional, al Banco de México” (1995, pág. 122)

Este hecho fue de suma importancia para la forma en cómo se realizaban las políticas fiscal y monetaria en el país, dado que al ser independiente Banxico buscaría su propio objetivo, con el fin de ganar credibilidad y una buena reputación, y dejaría de financiar al gobierno federal y sus déficits, como hace mención la ley orgánica de Banxico.

En septiembre de 1995, Banxico, para poder alcanzar su objetivo inflacionario utilizó el régimen de saldos acumulados “Con la finalidad de tener un mecanismo para enviar señales a los participantes en los mercados financieros, sin determinar con ello niveles de tasas de interés o tipo de cambio” (Banco de México, 1996), este régimen consistía en monitorear la cuenta corriente de todos los bancos y si la suma era negativa “el banco en cuestión deberá pagar una tasa elevada por el importe respectivo [...] de resultar positivo el saldo, el banco perderá el rendimiento que pudo haber obtenido de haber invertido los recursos respectivos” (Banco de México, 1996), los bancos, sin embargo, podían tener saldos positivos o negativos en su cuenta corriente algún día del mes pero cada 28 días su saldo debía ser cero para evitar las sanciones antes mencionadas.

Con esto, Banxico no tendría que modificar directamente ni el tipo de cambio ni la tasa de interés para poder procurar la estabilidad de precios, sino más bien “fijando metas cuantitativas para el crecimiento de la base monetaria y límites al incremento del crédito interno” (Banco de México, 1996) lo lograría.

Sin embargo, la crisis de 1995 hizo que Banxico tuviera que actuar con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) de manera coordinada para poder disminuir el choque

de una crisis tan grave, la cual básicamente se resolvió con mecanismos fiscales tales como un incremento en las tasas impositivas de los impuestos indirectos y un ajuste en el gasto público (Clavijo & Valdivieso, 2000), sin embargo, “el banco central coadyuvó a esa solución actuando preventivamente en su calidad de prestamista de última instancia” (Banco de Mexico, s.f.), por lo que la coordinación se hizo latente.

Se puede observar que aunque ya existía autonomía por parte del banco central un evento exógeno de tales proporciones hizo que las políticas fiscal y monetaria se coordinaran para disminuir los efectos negativos provenientes de una crisis, esta coordinación logró disminuir la inflación y recuperó el crecimiento económico, pues la inflación en diciembre 1995 y enero 1996 fue de 51%, y un año después fue de “solo 26%” y la variación del producto en el segundo y tercer trimestre de 1995 fue de -8.08% y -6.94% respectivamente, sin embargo, un año después fue de 6.7 y 6.8 para los mismos trimestres, Banxico, en su informe anual de 1995 destaca que la estrategia tomada contribuyó a corregir los desequilibrios provocados por la crisis, además de que los objetivos planteados, como disminuir los efectos de la crisis en la sociedad, fueron alcanzados.

En el periodo post-crisis la política fiscal sólo se dedicó a promover la estabilidad macroeconómica sobre la economía real, por lo que se creció de manera insuficiente para lo demandado por una economía como la mexicana. Además de que tanto la política fiscal como la política monetaria fueron restrictivas y por ende fueron incapaces de reactivar la demanda agregada, lo cual se reflejó en un crecimiento promedio anual de 3.3% de 1996 a 2003 (Cruz & Lapa, 2012) (Clavijo & Valdivieso, 2000)

Se puede observar que después de la leve coordinación que existió en 1995 regresaron a perseguir sus objetivos de manera individual pues la política monetaria se dedicó plenamente a mantener el poder adquisitivo de la moneda nacional como lo dicta su mandato único y la política fiscal se dedicó a mantener finanzas públicas sanas, sin embargo, esto hizo que el crecimiento no fuera el deseado por la sociedad pues “cada año al menos un millón de personas buscan incorporarse al mercado de trabajo” (Secretaría de programación y

presupuesto, 1995), y al no haber crecimiento suficiente esa oferta de trabajo no es absorbida por el mercado laboral.

## 1.2. La política fiscal y el régimen de saldos diarios 2003-2008

En el programa monetario de 2001 se menciona por qué se modificó el régimen basado en el crecimiento de la base monetaria y el inicio de un proceso de convergencia hacia el régimen de objetivos de inflación, Banxico (2001) menciona que “... por lo general los movimientos de la inflación se han anticipado a los de la base monetaria. Ello comprueba que en el pasado las perturbaciones inflacionarias no han sido el resultado de una política monetaria expansiva, sino que ésta ha acomodado los efectos inflacionarios causados por las alteraciones de los precios clave de la economía. Consecuentemente, la trayectoria de esta última variable no es útil para inferir el incremento futuro de los precios. Tal desconexión pone de manifiesto que los movimientos del crecimiento de la base monetaria proporcionan información imprecisa sobre la evolución de la inflación presente y futura.”

Se puede observar entonces que la desconexión entre la base monetaria y la inflación, debido en parte a la modernización de instrumentos financieros, hizo que no solo Banxico sino también bancos de todo el mundo, optaran por moverse hacia un régimen de objetivos de inflación. Sin embargo, este cambio de régimen no fue inmediato pues se siguió utilizando los agregados monetarios y el régimen de saldos diarios pero ahora con un objetivo de inflación explícito con el fin de “ampliar los mecanismos de comunicación con el público [...] estableció como objetivo de mediano plazo que para diciembre de 2003 se alcance una tasa de incremento anual del INPC de 3 por ciento.” (Banco de México, 2001).

Entonces Banxico optó por cambiar en 2003 el régimen de saldos acumulados por un régimen de saldos diarios, con el fin de darle mayor certeza y confianza al público y a los mercados sobre las acciones que se llevarían a cabo. El régimen de saldos diarios en esencia es lo mismo que el régimen de saldos acumulados, solo que en vez de que la revisión en la cuenta única de las instituciones de crédito con el banco central sea cada 28 días ahora la revisión sería

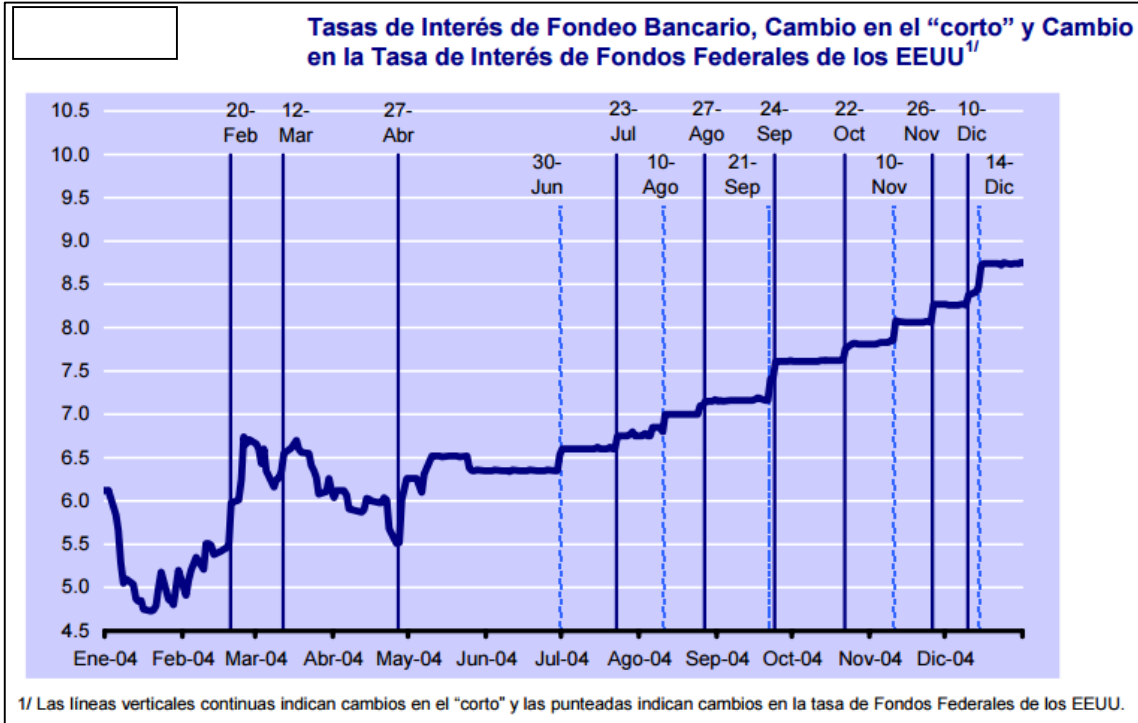
diaria teniendo las mismas penalizaciones<sup>1</sup> que el régimen anterior. La diferencia sustancial radica en que mientras en el régimen de saldos acumulados los bancos podían tener saldos positivos o negativos en uno o varios días a lo largo del mes dado que la revisión solo se realizaba cada 28 días, en el régimen de saldos diarios eso no podría suceder pues la revisión era diaria.

La política puesta en marcha por Banxico en este periodo, y con el fin de alcanzar su objetivo inflacionario, fue una política monetaria restrictiva basada en que en una situación “en la cual las expectativas de inflación son superiores a las metas, un elemento esencial para alcanzar el objetivo de inflación es la aplicación de una política monetaria restrictiva.” (Banco de México, 2001), Banxico, en ese momento quería anclar las expectativas de los individuos y evitar a futuro una inflación por expectativas, donde los individuos al no creer en el anuncio de política incrementan sus precios por encima del objetivo inflacionario, Contreras (2007) menciona que “si los agentes suponen que mañana habrá inflación porque hoy hubo inflación, la inflación por expectativas tiene un carácter inercial”. Banxico incrementó el “corto” en enero de 2003 en 550 millones de pesos, en febrero a 625 millones de pesos y en marzo a 700 millones de pesos con el fin de incrementar la tasa de interés y así poder alcanzar su objetivo inflacionario. Para 2004 Banxico incrementó el corto en nueve ocasiones incrementando con ello la tasa de interés de corto plazo, como se muestra en la Figura 1, sin embargo, para 2005, 2006 y 2007 el corto prácticamente estuvo sin cambios.

---

<sup>1</sup>“...De resultar negativo dicho saldo, el banco en cuestión deberá pagar una tasa por el importe respectivo. En el caso inverso, de resultar positivo el saldo, el banco perderá el rendimiento que pudo haber obtenido de haber invertido los recursos respectivos.”

Figura 1: México: Tasas de interés de Fondeo Bancario, Cambios en el "corto" y Cambio en la tasa de interés de Fondos Federales de los EEUU, Enero-Diciembre 2004



Fuente: Extraído del Informe Anual de Banxico 2004 (Banco de México, 2005, pág. 91)

Durante la aplicación del régimen de saldos diarios, la política monetaria fue restrictiva con el fin de disminuir la inflación y la política fiscal fue también restrictiva pues en el periodo 2003-2007 se dedicó básicamente a mantener un balance fiscal cercano a cero sin incurrir en grandes déficits (Cruz & Lapa, 2012), congruente a lo estipulado en el PND 2001-2006 donde se menciona que para lograr los objetivos como un crecimiento económico con calidad, sostenido y dinámico era necesario mantener finanzas públicas sanas.

Sin embargo, aunque en el PND 2001-2006 se menciona que “La coordinación entre la política fiscal y la monetaria constituye un factor clave para elevar el potencial de crecimiento, al establecer condiciones de certidumbre, y asegurar una evolución más suave del ciclo económico doméstico frente al internacional” no menciona como se llevara esa coordinación o interacción, o cual será el papel de cada política, por lo que a lo largo de este periodo Banxico se dedicó a disminuir la inflación y la política fiscal se dedicó a mantener finanzas públicas sanas.

A pesar de que a mediados de 2006 hubo un aumento importante en el precio de algunos alimentos, lo que a su vez incrementó la inflación, Banxico logró mantener las expectativas de los agentes sin cambio en el mediano plazo, lo cual “evita que incrementos en algunos precios relativos se transmitan de forma sostenida a la inflación” (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2007, pág. 39) esto hizo que durante este periodo la inflación fuera de un solo dígito manteniéndose entre 3 y 6%, sin embargo, la variación del producto tuvo un promedio de 3%, con un máximo de 5.7% en Enero de 2006 y un mínimo para finales de 2008 con una caída en el producto de -1.1%. Además la SHCP hace mención de lo benéfico que ha sido para la economía la conducción de las políticas fiscal y monetaria durante estos años pues han “brindado estabilidad macroeconómica y se han evitado las crisis recurrentes que han causado tanto daño a nuestro país.” (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2006)

Se puede observar que mientras la política monetaria logró bajar la inflación a un solo dígito, la política fiscal logró un crecimiento promedio del producto interno bruto similar al del periodo pasado.

Algo relevante es que “La disciplina en las políticas fiscal y monetaria [...] han llevado a niveles mínimos históricos en el riesgo país asociado a México. Así, entre el cierre de 2000 y el 22 de noviembre de 2006 la tasa de interés de los CETES a 28 días descendió 10.5 puntos porcentuales, mientras que el riesgo país lo hizo en 276 puntos base” (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2006). Por lo que dicha disciplina sí puede tener un efecto positivo indirectamente, pues ante un buen escenario macroeconómico y bajo riesgo país la inversión extranjera directa, así como la inversión local, podría incrementarse y esto tiene beneficios para la economía, sin embargo, esto sería un efecto de mediano o largo plazo.

Aunque la coordinación es mencionada en el PND 2001-2006 no es claro su forma de coordinar o interactuar, pues mientras Banxico si logra llegar a su objetivo debido a su política monetaria y la forma de actuar de la política fiscal, el gobierno no logra llegar a su objetivo con estas políticas, y esto es claro cuando la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) menciona que “la coordinación que ha existido durante estos años entre la política fiscal y la política monetaria permitió, en un primer momento, abatir el proceso



inflacionario de una manera sensible y, después, consolidar la estabilidad de precios. ... Actualmente, los niveles de inflación ya son muy cercanos al objetivo fijado por el Banco Central.” (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2006), la SHCP solo hace mención de los beneficios de la coordinación para el objetivo de Banxico y no así para el objetivo del Gobierno Federal y de la política fiscal.

Por lo que si bien existe cierta interacción o coordinación, parece que esta no está encaminada a atender los objetivos de ambas políticas y, por ende, a la función objetivo de la sociedad.

### 1.3. La política fiscal y el régimen de objetivos de inflación 2008-2014

A partir de 2008 Banxico, debido a las circunstancias de la economía, optó por utilizar, el régimen de objetivos de inflación (OI) y lo dio a conocer a través del programa monetario 2008 (Banco de México, 2008) donde destaca los elementos que debe seguir dicho régimen:

- El anuncio de una meta multianual de inflación explícita
- El análisis sistemático de la coyuntura económica y de las presiones inflacionarias
- La descripción de los instrumentos que utilizará el Banco Central para alcanzar sus objetivos
- Una política de comunicación que promueva la transparencia, credibilidad y efectividad de la política monetaria.

Estos elementos son congruentes con los propuestos por Mishkin (2004) para la implementación de un régimen de objetivos de inflación en países emergentes, como lo es México, pues adoptar dicho régimen, menciona, es más que solo anunciar un objetivo inflacionario y enlista los siguientes elementos:

- El anuncio público de un objetivo numérico para la inflación de mediano plazo.
- Un compromiso institucional que el objetivo primordial de la política monetaria es la estabilidad de precios.

- Una estrategia inclusiva en el que muchas variables, y no solo los agregados monetarios o el tipo de cambio, sean usadas para decidir los instrumentos de política
- Incrementar la transparencia de la política monetaria a través de la comunicación con el público y los mercados a cerca de los planes, objetivos y decisiones de las autoridades monetarias
- Mayor rendición de cuentas por parte del Banco central para alcanzar su objetivo inflacionario

Este nuevo régimen modificó la herramienta que usaba Banxico y la comunicación con el público, pues adoptó como su principal y único objetivo operacional la tasa de interés interbancaria a un día en sustitución del saldo sobre las cuentas o el llamado “corto” (Banco de México, 2008) y la comunicación fue más transparente y oportuna a través de los programas monetarios e informes trimestrales sobre la inflación, esto con el fin de que las expectativas inflacionarias convergieran con el objetivo de Banxico, el cual siguió siendo el mismo; mantener una inflación baja y estable pero ahora con una meta explicita de 3% y un intervalo de variabilidad de más/menos un punto porcentual.

Por otro lado, la política fiscal tuvo el mismo objetivo y fue, según el PND 2007-2012, “lograr un crecimiento sostenido más acelerado y generar los empleos formales que permitan mejorar la calidad de vida de todos los mexicanos.” a través de finanzas públicas sanas.

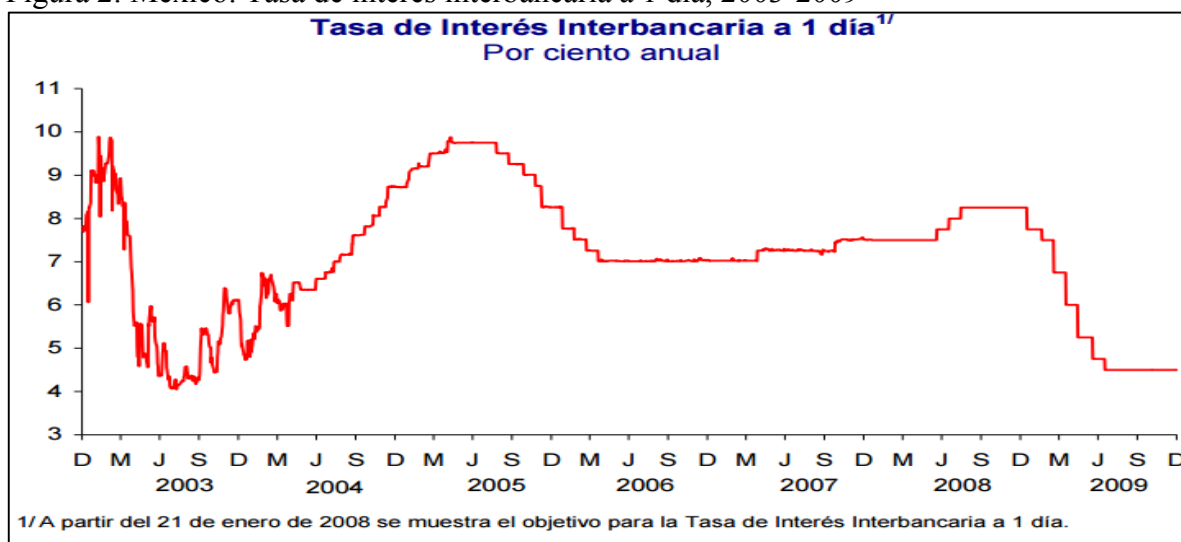
Sin embargo, a mediados de 2008 la crisis financiera de los Estados Unidos de Norte América hizo que Banxico y el gobierno federal tomaran medidas al respecto para poder contra restar y/o evitar los efectos desastrosos en el producto y la inflación.

Banxico (Banco de Mexico, s.f.), por un lado, implementó medidas para:

- Contrarrestar la contracción de la actividad económica.
- Mantener en funcionamiento los mercados financieros.
- Preservar la estabilidad del sistema financiero.
- Proveer liquidez al mercado cambiario

Lo anterior lo logró: 1) subastando dólares diariamente con un precio mínimo, 2) estableciendo de manera preventiva liquidez a los bancos, 3) Incrementando el monto de colocaciones de valores de corto plazo y reduciendo los de mediano y largo plazo. Además redujo la tasa de interés interbancaria a un día, como se puede observar en la Figura 2 en 50 puntos base en enero de 2009 debido a la fuerte caída de la actividad económica y al incremento en el precio de los alimentos y energéticos, 25 puntos base en Febrero, 75 puntos base en marzo en abril y en mayo, 50 puntos base en junio y 25 puntos base en julio, una reducción total de 375 puntos base en el primer semestre de 2009, Banxico aclara que dicho relajamiento monetario fue con el fin de estimular la demanda agregada, pero que dicho estímulo no sería permanente ni pondría en riesgo su objetivo inflacionario, debido principalmente, a que el gobierno había llevado en años anteriores equilibrios importantes en las finanzas públicas y bajos niveles de endeudamiento, y la política monetaria se había concentrado en mantener una inflación baja y estable.

Figura 2: México: Tasa de interés interbancaria a 1 día, 2003-2009



Fuente: Extraído del informe anual de Banxico 2009. (2010, pág. 62)

Por su lado, la política fiscal buscó reactivar la economía a través de una política contracíclica, sin embargo tuvo dos problemas: la baja recaudación proveniente de los ingresos petroleros por la baja en la producción y que debido al ciclo económico por el cual atravesaba la economía mundial sus ingresos fueron menores. Aun así, la política contracíclica se llevó a cabo principalmente con ingresos no recurrentes y un incremento en el gasto e inversión,

pues para julio de 2009 el gasto programable se había incrementado en 15.2% y la inversión física aumentó 74.8% de enero-julio respecto del año pasado, con lo cual no se puso en riesgo el equilibrio fiscal y se hizo lo necesario para reactivar la economía mexicana. (HR ratings, 2010) (Solorza, 2010) (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2012)

Sin embargo, existieron ciertas limitaciones pues “el principal problema para impulsar una política fiscal contra cíclica es justamente la baja tasa de recaudación de impuestos por el alto grado de evasión y elusión” (Solorza, 2010). En México no es algo nuevo la baja recaudación y la alta informalidad, lo cual hace que los recursos disponibles del Estado para responder a eventos exógenos sean pocos y limitados, sin embargo, HR ratings (2010) menciona “...[La] política fiscal es prudente, sin caer en la tentación de incurrir en un gasto deficitario exagerado.” el cual hubiera podido traer desequilibrios y problemas en el mediano y largo plazo, pues debido a la baja recaudación el recurrir a un déficit mayor tendría efectos negativos para el balance presupuestario en el largo plazo.

Se puede observar entonces que tanto la política fiscal como la política monetaria buscaron reactivar la economía con políticas contra cíclicas, sin embargo, es solo ante un evento exógeno que parece haber cierta coordinación o interacción explícita por parte de ambas autoridades.

Sin embargo, por más que la política fiscal desee alcanzar su objetivo de un crecimiento vigoroso difícilmente lo logrará, debido a la alta dependencia de la economía mexicana con la de Estados Unidos y a la baja recaudación. Incluso, Martínez, Caamal, & Ávila (2011) sugieren que el crecimiento del PIB de Estados Unidos tiene un mayor efecto sobre el crecimiento del PIB mexicano que el gasto público debido, en parte, al grado de apertura de la economía mexicana.

Se puede observar entonces que la política fiscal fue incapaz de lograr su objetivo, pues el efecto que puede tener al crecimiento del PIB mexicano es muy poco y el crecimiento promedio fue de solo 1.9%, por otro lado, la política monetaria tampoco cumplió su objetivo

pues la inflación promedio fue de 4.3%, dato por encima del 3% más/menos un punto porcentual, que es el objetivo de Banxico.

Entonces, aun cuando existió una coordinación de las políticas en el periodo de crisis los efectos de esta fueron desastrosos para la economía nacional, y por ende, para la sociedad.

En el periodo post crisis la política monetaria no ha sido del todo correcta, pues Contreras (2014) menciona que de 2010 a 2014 Banxico solo ha llegado a su objetivo inflacionario de 3% en una ocasión, y todas las veces que ha “fallado” lo ha hecho por arriba de su objetivo, además de que “bajo cualquier medida estadística de dispersión la variabilidad de la inflación observada, a pesar de no haber rebasado el valor de 5%, ha sido alta” (pág. 78).

La política fiscal, por otro lado, ha sido una política dedicada a mantener las finanzas públicas sanas y a revertir el déficit alcanzado en 2008-2009 debido a la implementación de una política contra cíclica, se puede observar que los esfuerzos del gobierno federal han ido encaminado solamente a mantener un equilibrio macroeconómico, y en parte lo lograron pues “las finanzas públicas al primer trimestre de 2010 muestran una mejoría comparada con el mismo trimestre del año anterior” (HR ratings, 2010). Sin embargo, aún no se ven indicios de un crecimiento económico vigoroso.

Se puede observar entonces que las políticas fiscal y monetaria han trabajado conjuntamente para maximizar la función objetivo de la sociedad pero solo ante eventos exógenos como la crisis de 2008, no es una constante en todo este periodo.

## Conclusiones

En este capítulo se analizó la interacción de las políticas fiscal y monetaria poniendo énfasis en los distintos regímenes de política monetaria por parte de Banxico, pues es importante mencionar que mientras Banxico utilizó distintos regímenes e instrumentos y herramientas para buscar llegar a su objetivo, la política fiscal en general optó por mantener finanzas públicas sanas.

La constante durante el periodo fue que la política monetaria buscó llegar a su objetivo inflacionario implementando políticas contractivas y la política fiscal intentó llegar a su objetivo manteniendo finanzas públicas sanas, se puede observar que mientras la inflación en general fue a la baja y se acercó al objetivo de Banxico, el crecimiento no fue el esperado por la política fiscal.

Por otro lado, en los periodos de crisis severas como la de 1995 y la de 2008-09 existió una explícita coordinación entre la autoridad fiscal y monetaria implementando políticas consistentes entre sí con el fin de disminuir el choque y salir lo antes posible de la crisis, sin embargo, una vez que pasaron los efectos de la crisis ambas políticas volvieron a valerse por sí mismas y a buscar sus objetivos de manera individual.

## 2. TEORÍA DE JUEGOS

Gibbons (1993) define que: “la teoría de juegos es el estudio de problemas de decisión multipersonales” y sirve para analizar la interacción entre uno o más individuos, las decisiones que pueden tomar los individuos, o mejor dicho, las decisiones y/o estrategias óptimas que puede tomar un individuo cuando los demás individuos intentan tomar una decisión óptima. Se ha utilizado para determinar las estrategias óptimas de distintos jugadores y los resultados han sido contundentes, al ser una herramienta tan vasta se ha aplicado a distintos campos de estudio como la psicología, biología y economía, en esta última se ha utilizado para analizar problemas de duopolio, problemas de intercambio a nivel microeconómico, a la economía laboral, a la economía financiera, en la economía internacional, etc.

La teoría de juegos analiza muchos tipos de juegos o de interacciones, sin embargo, ésta no se dedica a los juegos que dependen del azar sino analiza los juegos en los cuales los resultados dependen de las decisiones de los individuos. Dentro de la teoría de juegos existen dos tipos de juegos fundamentalmente, los juegos estáticos y los juegos dinámicos. La diferencia es que mientras los juegos estáticos analizan una situación que no volverá a repetirse y en la cual los jugadores no conocen la decisión del otro jugador al tomar su decisión, los juegos dinámicos analizan juegos en los cuales los jugadores pueden interactuar en más de una ocasión y un jugador puede (o no) conocer la acción tomada por otro jugador antes de tomar la suya.

El objetivo de este capítulo es presentar los aspectos de la teoría de juegos desde sus inicios con modelos sencillos hasta los modelos un poco más complejos, se busca presentar y diferenciar los juegos estáticos y los juegos dinámicos.

La estructura del capítulo es la siguiente, en el primer apartado se presentaran los llamados juegos estáticos, es decir, los juegos *minimax* y el dilema del prisionero, y en el segundo apartado se analizaran los juegos dinámicos como el modelo de Stackelberg, y en el último

apartado se presentan los trabajos dedicados a estudiar la interacción entre la política fiscal y monetaria utilizando la teoría de juegos.

## 2.1. Juegos estáticos con información completa y perfecta

Los juegos estáticos con información completa y perfecta hacen referencia a un tipo particular de juegos, en los cuales, los jugadores no interactúan ni tienen opción a coordinarse o a ponerse de acuerdo, los elementos del juego son: jugadores, estrategias/acciones<sup>2</sup> y pagos. Los juegos estáticos con información completa se juegan una sola vez y se supone que no volverán a repetirse, además todos los jugadores conocen sus propias acciones y pagos, pero también las acciones y pagos de los demás jugadores, sin embargo, un jugador, antes de escoger su acción o estrategia, no conoce la acción tomada por otro jugador. Al conocer tanto los pagos como las acciones de todos los jugadores se dice que no existe la incertidumbre. En este tipo de juegos se asume que los jugadores son racionales y, por ende, siempre querrán obtener la mayor ganancia individual.

### 2.1.1. Minimax

La teoría de juegos fue desarrollada en primera instancia por el matemático John Von Neumann quien desde la década de los veinte estuvo trabajando en la estructura matemática del póker, y observó que su desarrollo dada su estructura podría tener importantes aplicaciones en la economía, política, etc, en su publicación de 1928 *Zur Theorie der Gesellschaftsspiele* “Probó el teorema fundamental del minimax y puso las bases de lo que ahora se considera la teoría de juegos” (Almeida, 2000), sin embargo, fue hasta 1944 cuando esto se formalizó con la publicación del libro “Theory of games and economic behavior” escrito por Von Neumann y Oskar Morgenstern en donde analizan los juegos de estrategia “es decir, aquellos juegos cuyo resultado no depende sólo de la casualidad, sino también del

---

<sup>2</sup> En juegos estáticos las acciones y estrategias son lo mismo, sin embargo, en juegos dinámicos las estrategias no necesariamente son iguales a las acciones, pues “una estrategia es un plan contingente completo, o regla de decisión, que especifica como el jugador actuará en todas las circunstancias posibles distinguibles del juego en las que podría mover” (Mas-Colell & Green, 1995)



comportamiento del jugador” (Neumann & Morgestern, 1944), además ellos proponen los siguientes elementos para un juego:

- Jugadores (Cada uno de ellos queriendo ganar)
- Las posibles jugadas para cada uno
- Los pagos (A quién y cuanto se debe pagar)
- La suma de los varios pagos será cero.

Mencionan que *la suma de los varios pagos será cero* debido a que ellos consideran que lo que un jugador gana otro lo pierde, sin embargo, mencionan que esto no necesariamente es así, pero es una forma de simplificar su modelo. A este tipo de juegos los llaman *minimax* dado que cada jugador quiere maximizar su ganancia y, como es un juego suma cero, solo lo lograra si las ganancias de los demás son las mínimas posibles (Neumann & Morgestern, 1944).

Ellos llegan a la conclusión que en los *juegos estrictamente determinados*<sup>3</sup> así como en los *juegos estrictamente no determinados*, existe un “punto de montura” (Sattelpunkt) que lleva a una situación estacionaria, una especie de equilibrio, y la solución de un juego *minimax*. Además de demostrar que en juegos suma-cero con n individuos donde los individuos eligen al mismo tiempo (juegos estáticos) y todos los jugadores conocen sus pagos y los pagos de los demás (información completa) existe al menos una solución (Neumann & Morgestern, 1944).

Un ejemplo ayudará a que esto quede más claro (veáse (Neumann & Morgestern, 1944)):

En este juego existen 2 jugadores, cada jugador cuenta con tres estrategias representadas en la Figura 3.

---

<sup>3</sup> “En estos juegos hay siempre una estrategia, es decir una sucesión de jugadas que brindan a cada uno de los jugadores las mejores posibilidades, independientemente de lo que va a hacer el otro” (Neumann & Morgestern, 1944).

- Jugadores A y B
- Estrategias del jugador A  $\rightarrow A_1, A_2, A_3$
- Estrategias del jugador B  $\rightarrow B_1, B_2, B_3$

Figura 3: Tabla de pagos del juego minimax

A \ B	B			Líneas de mínima
	B1	B2	B3	
A1	2	1	3	1
A2	2	5	2	2
A3	2	-1	-1	-1
Columnas de Máxima	2	5	3	

Fuente: (Neumann & Morgestern, 1944)

Los números positivos representan las ganancias de A y los negativos representan las pérdidas de A, sin embargo, al ser un juego suma-cero, las pérdidas del jugador A son las ganancias del jugador B y las ganancias del jugador A son las pérdidas del jugador B.

En la Figura 3 se puede observar que la ganancia máxima de A es 5, y ese mismo 5 representa la máxima pérdida del jugador B. Por otro lado, la ganancia máxima de B es 1 y ese uno representa la máxima pérdida del jugador A.

El punto de intersección entre las dos estrategias será la solución del juego. Es claro que ambos querrán obtener el máximo de ganancia.

Entonces, A elige  $A_2$  esperando ganar 5 con la idea en mente de que el jugador B jugará  $B_2$  con el fin de obtener una ganancia de 1, sin embargo, este razonamiento también es puesto en marcha por el jugador B y sabe que si eligiera  $B_2$  el jugador A elegiría  $A_2$  y entonces tendría una pérdida de 5, por lo cual B nunca juega  $B_2$ , en cambio solo jugará  $B_1$  o  $B_3$ .

Ahora, A siempre elegirá  $A_2$  y eso lo sabe el jugador B, por lo que su mejor respuesta es jugar  $B_1$  y el juego termina con un equilibrio en las estrategias  $(A_2, B_1)$ , este par de estrategias

representan la solución del juego y un equilibrio en el cual ninguno de los jugadores tiene incentivos a moverse y el resultado en términos de utilidades es que el jugador B le pagará 2 unidades al jugador A.

### 2.1.2. Equilibrio de Nash

Hasta este punto el desarrollo de la teoría de juegos era solamente en juegos estáticos no cooperativos donde la suma de los pagos era igual a cero y además existía información completa. Sin embargo en 1950 John Forbes Nash Jr. realiza uno de los mayores avances y descubrimientos en la teoría de juegos, y menciona que en un juego simultaneo con información completa sin la restricción de que la suma de los pagos sea cero y que además cumpla con los siguientes elementos:

- N jugadores
- Cada jugador posea un conjunto finito de estrategias puras
- Cada jugador posea un conjunto finito de pagos

Para estrategias mixtas, que solo son “distribuciones de probabilidad sobre las estrategias puras... hay al menos un punto de equilibrio” (Nash, 1950). Esto fue de suma importancia pues todos los juegos finitos en estrategias y en jugadores tendrán al menos un equilibrio, es decir una solución del juego en la que ningún jugador tiene incentivos a desviarse o como menciona Monsalve (2003) “un acuerdo que ninguna de las partes puede romper a discreción sin perder”

Nash (1951) analiza juegos en los cuales está prohibida la coalición y, por ende, cada participante actúa independientemente sin colaboración o comunicación con los otros, y prueba que un juego no cooperativo finito tiene al menos un punto de equilibrio.

La expresión matemática del modelo se presenta a continuación (véase (Gibbons, 1993, págs. 8-15) y (Mas-Colell & Green, 1995, págs. 230-231)

En un juego de forma normal con  $n$  jugadores,

$$G_n = [n, \{S_i\}, \{u(\cdot)\}]$$

Donde  $S_i = (s_1, s_2, \dots, s_n)$ , representa la combinación de estrategias del jugador  $i$ , y  $S_1, \dots, S_n$  representa los espacios de estrategias de los jugadores. Y  $u_i(s_1, s_2, \dots, s_n)$  es la ganancia del jugador  $i$  si los jugadores eligen esas estrategias.

Las estrategias  $(s_1^*, \dots, s_n^*)$  forman un equilibrio de Nash si, para cada jugador  $i$ ,  $s_i^*$  es la mejor respuesta del jugador  $i$  a las estrategias de los otros  $n-1$  jugadores las cuales son  $(s_1^*, \dots, s_{i-1}^*, s_{i+1}^*, \dots, s_n^*)$

Entonces, si se cumple dicha condición, la utilidad que le da la estrategia  $s_i^*$  es mayor que la utilidad que le da la estrategia  $s_i$ , dadas las mejores decisiones por parte de los  $n-1$  jugadores, o sea:

$$u_i(s_1^*, \dots, s_{i-1}^*, s_i^*, s_{i+1}^*, \dots, s_n^*) \geq u_i(s_1^*, \dots, s_{i-1}^*, s_i, s_{i+1}^*, \dots, s_n^*)$$

Para cada posible estrategia  $s_i \in S_i$ ; esto es,  $s_i^*$  es una solución de:

$$\max_{s_i \in S_i} u_i(s_1^*, \dots, s_{i-1}^*, s_i, s_{i+1}^*, \dots, s_n^*)$$

Y este entonces es un equilibrio de Nash, esto quiere decir que es la mejor respuesta a las estrategias elegidas por los  $n-1$  jugadores, por lo tanto no existe una mejor respuesta del jugador  $i$ , y con esto no tiene incentivos a desviarse. (Gibbons, 1993)

Se puede suponer por un momento que las estrategias del tipo  $(s'_1, \dots, s'_n)$  son una solución al juego en forma normal del tipo  $G = \{S_1, \dots, S_n; u_1, \dots, u_n\}$ . Decir entonces que el conjunto de estrategias  $(s'_1, \dots, s'_n)$  no es un equilibrio de Nash para este juego, es decir que existe algún jugador  $i$  tal que  $s'_i$  no es la mejor respuesta a las estrategias de los  $n-1$  jugadores  $(s'_1, \dots, s'_{i-1}, s'_{i+1}, \dots, s'_n)$ , por lo que existe alguna estrategia que le proporcione una mayor utilidad, digamos  $s''_i$

$$u_i(s'_1, \dots, s'_{i-1}, s''_i, s'_{i+1}, \dots, s'_n) \geq u_i(s'_1, \dots, s'_{i-1}, s'_{1i}, s'_{i+1}, \dots, s'_n)$$

Con esto se puede ver que si la estrategia del jugador  $i$  no es la que le proporciona la mayor utilidad dadas las mejores respuestas de los  $n-1$  jugadores, entonces no es un EN, pues existe al menos una estrategia que le proporcione mayor utilidad dadas las mejores respuestas de los  $n-1$  jugadores. (Gibbons, 1993)

### 2.1.3. Juegos en forma extensiva

Los juegos estáticos con información completa y perfecta eran representados de forma matricial, sin embargo, no era claro la forma de proceder de los jugadores, por lo que Kuhn en 1950 formaliza lo que se conoce como un juego en su forma extensiva y de esta forma expone las diferencias características entre los juegos. (Kuhn, 1950) (Kuhn, 2003)

Kuhn propone el siguiente juego suma-cero simultaneo en forma matricial representado por la Figura 4, donde el jugador 1 y 2 pueden escoger *heads* o *tails*, y menciona que en el primer movimiento el jugador 1 elige *heads* o *tails*, y en el segundo movimiento el jugador 2 sin conocer lo que ha elegido el jugador 1 elige *heads* o *tails* y cada uno recibe sus pagos correspondientes. Sin embargo, esto se puede representar de otra forma y es la forma extensiva del juego, donde a través de nodos se puede observar la elección de cada jugador. (Kuhn, 2003)

Figura 4: Juego en forma matricial

		P <sub>2</sub> Chooses	
		Heads	Tails
P <sub>1</sub> Chooses	Heads	1	-1
	Tails	-1	1

Fuente: (Kuhn, 2003)

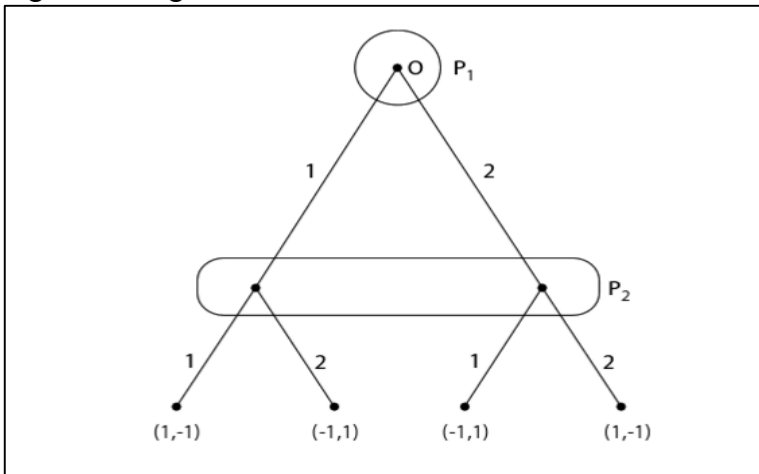
Los elementos de un juego extensivo son los siguientes (véase (Fernández Ruiz, 2010))

- Un conjunto de jugadores,  $N=\{1,2,\dots,n\}$
- Un conjunto de nodos y arcos sin ciclos que parten de un solo nodo inicial hasta los nodos finales.
- Una asignación de cada nodo no final a un jugador, y sólo uno, que decide en él.
- Una clasificación de los nodos de cada jugador en conjuntos de información.
- Para cada nodo final, la utilidad que recibe cada jugador,  $u\{.\}$ .

Se analizara esto con el juego anterior pero ahora en su forma extensiva: El juego comienza en el nodo 0, que en este caso como muestra la Figura 5 corresponde al jugador 1, y al no ser un nodo terminal entonces es un nodo de decisión y aquí el jugador 1 puede elegir entre la estrategia 1 o 2<sup>4</sup>, en los siguientes nodos el jugador 2 puede elegir entre la estrategia 1 o 2, sin embargo, este sigue siendo un juego estático dado que en los nodos correspondientes al jugador 2, estos tienen el mismo conjunto de información y por lo tanto el jugador 2 no sabe que ha escogido en la etapa previa el jugador 1. Por último los siguientes nodos reflejan los pagos correspondientes a cada jugador y se llaman nodos terminales.

<sup>4</sup> El número 1 hace referencia a la estrategia *heads* y el número 2 a la estrategia *tails*

Figura 5: Juego en forma extensiva



Fuente: (Kuhn, 2003)

En la Figura 5 se puede observar el mismo juego matricial pero ahora representado en forma extensiva, de esta forma Kuhn separa una decisión simultánea en dos decisiones sucesivas, sin embargo, los nodos contenidos en el rectángulo reflejan la idea de que la decisión tomada tiene el mismo conjunto de información y, por ende, refleja una decisión simultánea.

Para juegos dinámicos esto cambia, pues en ese tipo de juegos las decisiones son sucesivas por lo que los nodos de decisión no necesariamente tienen el mismo conjunto de información, es una diferencia crucial pues mientras aquí no se sabe que ha elegido un jugador antes que otro jugador tome su decisión, en juegos dinámicos si se conoce la decisión previa del jugador o al menos puede intuirlo con la información disponible, sin embargo, esto se analizara más adelante.

#### 2.1.4. El dilema del prisionero

Siguiendo la idea de los juegos no cooperativos con información completa, Merrill Flood desarrolló un trabajo en 1952 llamado *Some experimental games* y menciona que si bien es cierto que en la teoría y en la estructura matemática los juegos suma-cero con dos jugadores propuestos por Von Neumann-Morgenstern son robustos, queda la duda sobre su

funcionamiento en la vida cotidiana, por lo cual prueba la aplicabilidad y utilidad en experimentos controlados a los cuales llama “juegos experimentales”

Flood realiza 7 juegos distintos, con casos reales y observa que algunas veces los resultados son distintos a los predichos por la teoría, debido principalmente a las restricciones de los juegos, pues por ejemplo, observa que en un juego no cooperativo donde está prohibida la coalición, repetido 100 veces, se llega a un resultado distinto al propuesto por Nash cuando solo se juega una vez. (Flood, 1952). Nash responde en ese mismo *paper* que eso se debe a una falla en el experimento, pues ahí los jugadores juegan un juego con múltiples movimientos y existe mucha interacción por lo que los resultados son diferentes, sin embargo, menciona que si ese experimento se llevara a cabo con individuos que no conocen la historia previa el resultado sería distinto. (Flood, 1952)

Y aunque si bien es cierto que Flood no pone en duda la teoría de juegos o la teoría de juegos desarrollada por Von Neumann-Morgenstern, este trabajo sirvió para para mostrar que la teoría en ese momento era limitada, y Flood (1952) recomendó extenderla, refinarla y mejorarla, con el fin de evitar que los resultados empíricos fueran distintos a los resultados teóricos.

Albert Tucker profesor de John Forbes Nash Jr, formalizó en 1950 el experimento número 5 llevado a cabo por Merrill Flood y el Dr. Melvin Dresher, en el cual analizan un juego estático no cooperativo donde la coalición está prohibida (Flood, 1952), al cual llamó “El dilema de los prisioneros”<sup>5</sup>

La historia que Albert Tucker propone es la siguiente<sup>6</sup>: Dos hombres, acusados de haber cometido una violación conjunta a la ley se encuentran en celdas separadas por la policía, sin embargo, no existen pruebas de que cometieron dicho delito.

---

<sup>5</sup> Satanford Encyclopedia of Philosophy: “Although Flood and Dresher didn't themselves rush to publicize their ideas in external journal articles, the puzzle has since attracted widespread and increasing attention in a variety of disciplines.”

<sup>6</sup> Esta historia está perfectamente explicada en (Tucker, 1983)



Y a cada uno se le dice lo siguiente:

- Si uno confiesa y el otro no lo hace, al primero se le dará una recompensa de una unidad y el segundo será multado con dos unidades.
- Si ambos confiesan, cada uno será multado con una unidad.
- Si ninguno confiesa, ambos serán liberados.

Y entonces esto da lugar a una tabla de pagos mostrada en la Figura 6, donde cada par ordenado representa los pagos del jugador 1 y del jugador 2 respectivamente.

Figura 6: Matriz del dilema de los prisioneros

		II	
		Confess	Not confess
I	Confess	(-1, -1)	(1, -2)
	Not confess	(-2, 1)	(0, 0)

Fuente: (Tucker, 1983)

Entonces si el jugador 1 elige confesar y el jugador 2 elige no confesar, el jugador 1 tendrá un pago de 1 y el jugador 2 un pago de -2, y viceversa.

El jugador 1 hace una inferencia sobre lo que puede hacer el jugador 2 dado que conoce sus estrategias y sus pagos, y entonces sabe que el jugador 2 puede confesar o no confesar, si confiesa lo que más le conviene al jugador 1 es confesar (pues -1 es mayor a -2) y si el jugador 2 no confiesa lo que más le conviene al jugador 1 es confesar (pues 1 es mayor que 0)

Tucker menciona que es claro que la estrategia confesar “domina<sup>7</sup>” a la estrategia no confesar, y por lo tanto hay un único equilibrio de Nash dado por las dos estrategias {confesar, confesar}, y es claro porque ya sea que el jugador 2 escoja confesar o no confesar el jugador 1 estará en una mejor situación si confiesa, y lo mismo es aplicable para el jugador 2.

---

<sup>7</sup> Pues no importa que escoja el jugador 2, el jugador 1 siempre tendrá una utilidad mayor si confiesa. Y esto se cumple también para el jugador 2.

El punto crucial de esto es que aunque a primera instancia ambos individuos estarían en una mejor situación si no confiesan, este acuerdo no sería creíble, pues si ambos pactaran no confesar buscando maximizar su utilidad, ambos tendrían incentivos para desviarse de ese acuerdo y confesar, y por lo tanto, la conclusión para este tipo de juegos es que si cada individuo busca maximizar individualmente siendo egoísta, esto llevara a que los individuos tengan resultados menores que los obtenidos si hubieran cooperado, es decir a un sub óptimo o Pareto inferior.(Monsalve, 2003)

## 2.2. Juegos dinámicos con información completa y perfecta

Reinhard Selten en su discurso como ganador del premio nobel 1994 hace referencia a su trabajo de 1965 *Spieltheoretische behandlung eines oligopolmodells mit nachfrageträgheit: Teil i: Bestimmung des dynamischen preisgleichgewichts* y menciona que en la literatura económica uno se encuentra con muchos modelos en los cuales los jugadores eligen de manera simultánea en cada una de una serie de etapas sucesivas, pero esa decisión la hacen siempre informados sobre lo que se ha hecho en etapas previas. Este tipo de juegos son dinámicos y por dinámicos se refiere a que los individuos actúan no de manera simultánea, sino sucesiva, una especie de juego donde hay múltiples etapas, por ejemplo, Selten (1994) analiza un mercado oligopólico compuesto por varias empresas, en la primera etapa se decide si las empresas quien formar parte de un cártel, en la segunda etapa las cantidades del cártel son propuestas y por último una etapa donde las cantidades a producir son fijadas.

Se puede observar que mientras en los juegos estáticos con información completa las decisiones se tomaban sin conocer la decisión de los otros jugadores ni la historia previa del juego, en este tipo de juegos los jugadores conocen la historia previa y las decisiones de los jugadores lo cual es una diferencia sustancial.

### 2.2.1. Inducción hacia atrás.

Los juegos dinámicos también pueden ser representados de forma extensiva, el cambio respecto a los juegos estáticos es que las decisiones que puede tomar un agente ya no

pertenecen al mismo conjunto de información, por el contrario, ahora cada jugador sabe en qué nodo se encuentra, digamos que de alguna forma conoce la historia previa del juego y las decisiones hechas por otros jugadores antes que él.

Los elementos de los juegos dinámicos son:

- Nodos
- Ramas que no se intersectan
- Cada uno de los jugadores actúa en un nodo particular
- Los pagos de los jugadores están al final de cada rama

Los juegos que cumplen con estos elementos son juegos dinámicos y se pueden solucionar por inducción hacia atrás que no es más que comenzar determinando las acciones óptimas de los jugadores en los nodos finales de un árbol de decisión (Mas-Colell & Green, 1995), es decir, se comienza por determinar las acciones óptimas de un jugador en los nodos finales a continuación se toman las acciones óptimas de los nodos inmediatamente superiores y más cercanos al nodo inicial y se sigue esta práctica hasta llegar al nodo inicial.

La inducción hacia atrás dejará juegos reducidos con cada etapa que se solucione, pues en cada etapa después de encontrar las acciones óptimas en los nodos finales, se obtendrá un juego reducido donde esa parte del juego fue eliminada y los pagos ahora serán el resultado de ese nodo.

La inducción hacia atrás entonces procede de la siguiente forma, en un juego dinámico donde interactúan dos jugadores, jugador 1 y jugador 2, y donde el jugador 2 elige en la segunda etapa de juego se procede de la siguiente forma (véase (Gibbons, 1993)):

El jugador 2 se enfrenta al problema donde dada la acción  $a_1$  previamente elegida por el jugador 1 debe maximizar su utilidad, tomando en cuenta dicha acción, de la siguiente forma:

$$\max_{a_2 \in A_2} u_2(a_1, a_2)$$

Si se supone que para cada  $a_1$  en  $A_1$ , el problema de optimización del jugador 2 tiene una única solución la cual se puede escribir como  $R_2(a_1)$  que representa la función de reacción o mejor respuesta del jugador 2 ante la acción del jugador 1. Dado que el jugador 1 puede resolver también el problema de maximización del jugador 2 así como su propio problema de maximización, el jugador 1 debería prever la acción del jugador 2 ante cada acción que él elija y se tiene entonces a un problema de la siguiente forma:

$$\max_{a_1 \in A_1} u_1(a_1, R_2(a_1))$$

Se supone además que el problema al que se enfrenta el jugador 1 tiene una solución única que se determina como  $a_1^*$  y entonces el resultado de la inducción hacia atrás es  $(a_1^*, R_2(a_1^*))$ , este resultado ignora todas las amenazas no creíbles, pues el jugador 1 prevé que a cada acción que pueda escoger, el jugador 2 responderá óptimamente dada su función de reacción  $R_2(a_1)$ , y las ignora porque prevé que si se llega a la segunda etapa el jugador 2 solo tomará aquellas acciones que le favorezcan.

Se puede observar entonces que la inducción hacia atrás ayuda a resolver los juegos dinámicos y además tiene la ventaja de eliminar las amenazas no creíbles.

Ahora se analizara un juego dinámico comúnmente llamado “el juego de tres pies” donde interactúan dos jugadores y el juego consiste en tres etapas donde el jugador 1 elije dos veces (véase (Gibbons, 1993)):

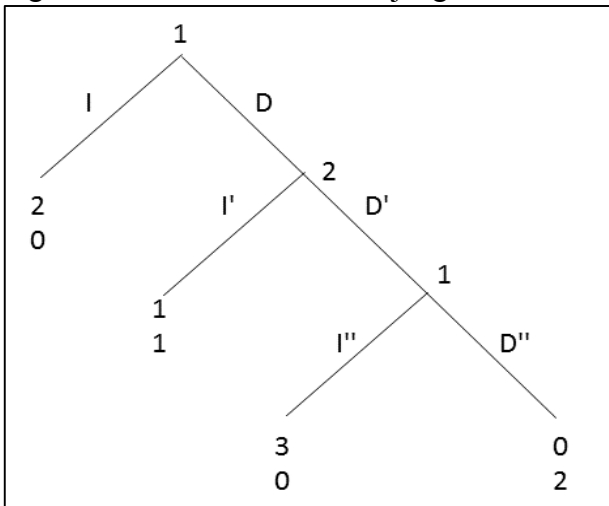
- El jugador 1 elige I o D donde I finaliza el juego con ganancias de 2 para el jugador 1 y 0 para el jugador 2.
- El jugador 2 observa la elección del jugador 1. Si el jugador 1 escoge D entonces el jugador 2 puede escoger I' o D' donde I' finaliza el juego con ganancias de 1 para ambos jugadores.
- El jugador 1 observa la elección del jugador 2 (y recuerda su propia decisión en la etapa 1) Si las decisiones anteriores fueron D y D' entonces el jugador 1 puede escoger I'' o D'' finalizando cualquiera de las dos el juego, en I'' con ganancias de 3

para el jugador 1 y 0 para el jugador 2 y  $D''$  con ganancias de 0 para el jugador 1 y 2 para el jugador 2.

En la Figura 7 se puede observar la representación extensiva del juego, se puede observar que las decisiones son de manera sucesiva y cada individuo conoce la historia del juego y además los pagos correspondientes a cada acción de cada jugador. Además cabe resaltar que al no tener un mismo conjunto de información este juego contiene 3 subjuegos; la etapa final del jugador 1, cuando juega el jugador 2 dada la mejor respuesta del jugador 1 y por ultimo cuando juega el jugador 1 dada la mejor respuesta del jugador 2.

La utilidad o pagos correspondientes se reflejan debajo de cada nodo terminal, el pago superior corresponde al jugador 1 y el pago inferior al jugador 2.

Figura 7: Forma extensiva del juego

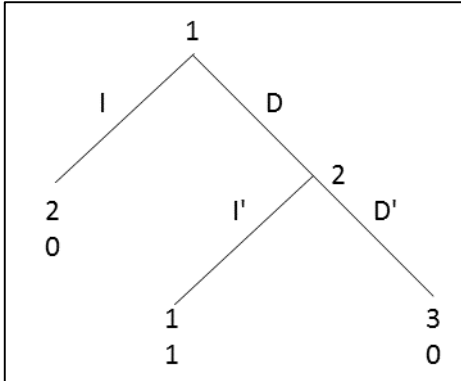


Fuente: (Gibbons, 1993)

La forma de proceder entonces es la siguiente, la parte final del juego es donde elige el jugador 1 y puede escoger entre  $I''$  o  $D''$ , el jugador 1 elegirá  $I''$  debido a que la utilidad que le proporciona es mayor, esos pagos pasan al nodo de decisión del jugador 1 y se convierte en un nodo final y este juego entonces se ve reducido y es representado como se muestra en la Figura 8, donde ahora el final del juego es donde el jugador 2 elige, y la acción que le proporciona una mayor utilidad es jugar  $I'$  dado que  $0 < 1$ , el procedimiento es el mismo y después de eliminar una parte del árbol queda otro juego reducido que es representado por la

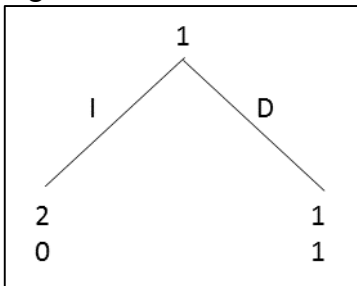
Figura 9, donde elige el jugador 1 y la acción que le da una mayor utilidad es jugar I y por ende termina el juego en la primera etapa.

Figura 8: Forma extensiva juego (árbol cortado 1/2)



Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Forma extensiva del juego (árbol cortado 2/2)



Fuente: Elaboración propia

La solución del juego entonces es que el jugador 1 termine el juego en la primera etapa, sin embargo, aquí aparece algo distinto respecto a los juegos simultáneos y es que en los juegos dinámicos las estrategias no necesariamente son iguales a las acciones, en este ejemplo las acciones del jugador 2 son iguales a sus estrategias, sin embargo, las acciones del jugador 1 no son iguales a sus estrategias como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Acciones y estrategias de ambos jugadores

Jugadores	Acciones	Estrategias
Jugador 1	(I,D), (I'',D'')	[(I,I''), (I,D''), (D,I''), (D,D'')]
Jugador 2	(I',D')	(I',D')

Fuente: Elaboración propia

La inducción hacia atrás lleva a un equilibrio perfecto en subjuegos, es decir, un equilibrio que es la mejor estrategia en cada subjuego<sup>8</sup>. Y además ese equilibrio es un equilibrio de Nash.

Y esto es así debido al teorema de Zermelo “Todo juego de información perfecta tiene un equilibrio de Nash en estrategias puras que se puede construir mediante inducción hacia atrás. Más aún, si ningún jugador es indiferente entre dos nodos terminales (a lo largo del proceso de inducción hacia atrás), solo hay un equilibrio de Nash que es una estrategia de inducción hacia atrás.” (Mas-Colell & Green, 1995, pág. 272)

### 2.2.2. Equilibrio perfecto en subjuegos

Reinhard Selten, en su trabajo de 1965 introdujo una idea revolucionaria que trajo consigo un cambio en la forma de resolver muchos problemas económicos, pues hasta este punto la teoría de juegos era aplicada marginalmente a la economía, sin embargo, con el análisis dinámico de múltiples etapas y con los resultados de Selten se extendió para analizar problemas financieros, problemas microeconómicos, etc., pues ahora estos podían ser analizados en términos de juegos no cooperativos.

Selten, fue el primero en refinar el equilibrio de Nash, pues lo extendió para juegos dinámicos con información completa y esto fue necesario porque como se observó con anterioridad, en juegos dinámicos “algunos equilibrios involucran amenazas no creíbles y son poco razonables en términos económicos” (Van Damme & Weibull, 1995), y entonces al haber amenazas no creíbles no era clara la solución del juego, sin embargo, “Selten menciona que como los jugadores no pueden obligarse a sí mismos, el comportamiento de un subjuego debe constituir un equilibrio del subjuego” (Van Damme & Weibull, 1995, pág. 24) o sea, como

---

<sup>8</sup> Un subjuego debe cumplir con las siguientes condiciones (veáse( Gibbons, 1993)):

- Empieza en un nodo de decisión  $n$  que sea un conjunto de información con un único elemento
- Incluye todos los nodos de decisión y terminales que siguen a  $n$  en el árbol y
- No intersecta a ningún conjunto de información (es decir, si un nodo de decisión  $n'$  sigue a  $n$  en el árbol, todos los otros nodos en el conjunto de información que contiene a  $n'$  deben también seguir a  $n$  y, por tanto, deben incluirse en el subjuego)

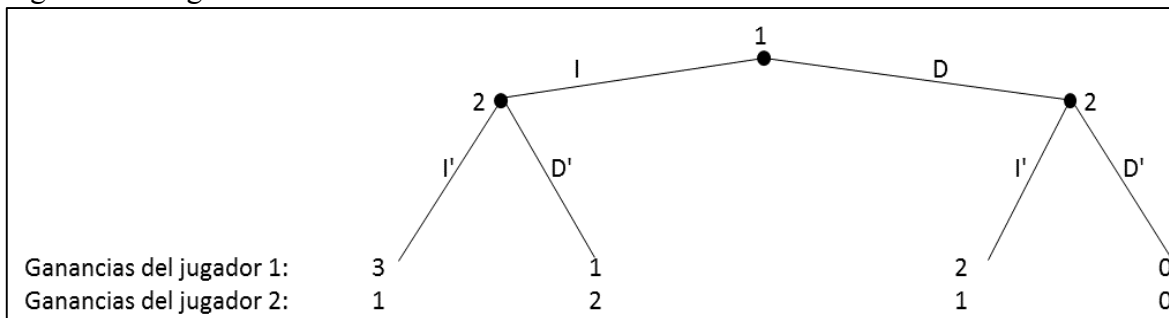
un jugador no puede actuar de forma irracional porque él así lo desee, entonces el comportamiento que tenga en un subjuego representa un equilibrio en ese subjuego dado que siempre buscará maximizar su utilidad, y por ende, si se llega a esa parte del juego actuará como se ha anticipado, y ese equilibrio es un equilibrio perfecto en subjuegos.

Selten (1965) menciona que “Un equilibrio de Nash es perfecto en subjuegos si las estrategias de los jugadores constituyen un equilibrio de Nash en cada subjuego”

El siguiente ejemplo mostrará la diferencia entre un equilibrio de Nash y un equilibrio de Nash perfecto en subjuegos, considere la siguiente historia (véase (Gibbons, 1993)):

- El jugador 1 escoge una acción  $a_1$  del conjunto factible  $A_1 = \{I, D\}$
- El jugador 2 observa la acción  $a_1$  y elige una acción  $a_2$  del conjunto factible  $A_2 = \{I', D'\}$
- Las ganancias son  $u_1(a_1, a_2)$  y  $u_2(a_1, a_2)$

Figura 10: Juego en forma extensiva



Fuente: (Gibbons, 1993)

La Figura 10 es la representación gráfica del juego en su forma extensiva, se observa que el jugador puede escoger entre la acción I o D, y posteriormente el jugador 2 habiendo observado lo que escogió el jugador 1 escoge entre la acción I' o D'.

Como se mencionó en el apartado anterior a diferencia de los juegos estáticos una acción no es igual a una estrategia, pues una estrategia “...es un plan de acción completo, es decir, especifica una acción factible del jugador en cada contingencia en la que al jugador le pudiera corresponder actuar” (Gibbons, 1993).



En este caso el jugador 2 posee 2 acciones pero 4 estrategias y el jugador 1 solo posee dos estrategias que son iguales a las acciones como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2: Acciones y estrategias de ambos jugadores

Jugadores	Acciones	Estrategias
Jugador 1	(I,D)	(I, D)
Jugador 2	(I',D')	[(I',I'), (I',D'), (D',I'), (D',D')]

Fuente: Elaboración propia

Por ejemplo, la estrategia del jugador 2 “(I',I')” quiere decir que si el jugador 1 juega I entonces el jugador 2 jugará I' y si el jugador 1 juega D, el jugador 2 juega I'. Se puede observar que la estrategia refleja lo que haría el jugador 2 para cada acción posible del jugador 1.

Este juego puede fácilmente representarse en su forma matricial, como se observa en la Figura 11, con el fin de observar los equilibrios de Nash correspondientes a este juego y así analizar cuál de ellos es un equilibrio de Nash y cual un equilibrio de Nash perfecto en subjuegos.

Figura 11: Representación matricial del juego

		Jugador 2			
		(I', I')	(I', D')	(D', I')	(D', D')
Jugador 1	I	(3, 1)	(3, 1)	(1, 2)	(1, 2)
	D	(2, 1)	(0, 0)	(2, 1)	(0, 0)

Fuente: (Gibbons, 1993)

En la Figura 11 se pueden observar los dos equilibrios de Nash encontrados, sin embargo, uno de ellos contiene una amenaza no creíble.

El equilibrio de Nash representado por (D, D'I') refleja las estrategias que llevarán a cabo ambos jugadores, si este juego se soluciona por inducción hacia atrás se observa que la mejor decisión del jugador 2 cuando el jugador 1 ha escogido I es jugar D' y la mejor decisión del jugador 2 cuando el jugador 1 ha escogido D es jugar I', dado esto, la mejor respuesta del jugador 1 será jugar D, pues la que le proporciona una mayor utilidad y por ende este es un

equilibrio de Nash perfecto en subjuegos, pues es un equilibrio de Nash en todas las etapas del juego.

Por otro lado, el equilibrio de Nash representado por (I, D'D') especifica las estrategias que llevarán a cabo ambos jugadores, sin embargo, se observa un problema pues si el jugador 1 juega I lo mejor que puede hacer el jugador 2 es escoger D', lo cual va acorde con la estrategia presentada, pero si por alguna razón el jugador 1 jugara D entonces el jugador 2 no jugará D' debido a que eso le presentaría tener una ganancia menor por lo cual tendría incentivos a desviarse y no representa entonces un equilibrio de Nash en al menos un subjuego, por lo cual, a pesar de ser un equilibrio de Nash no es un equilibrio de Nash perfecto en subjuegos.

### 2.2.3. Modelo de Stackelberg

Heinrich Von Stackelberg en su libro *Marktform und Gleichgewicht* en 1934 propuso un modelo dinámico de duopolio donde una empresa es líder y la otra es seguidora, en el cual la empresa líder elige primero y la empresa seguidora viendo lo que eligió la empresa líder elige. Este modelo tuvo importantes aplicaciones en la economía, por ejemplo, “en la historia automovilística estadounidense General Motors parece haber jugado el papel de líder” (Gibbons, 1993)

El desarrollo del modelo es el siguiente (véase (Gibbons, 1993, págs. 59-62)):

- La empresa  $i$  escoge una cantidad  $q_i \geq 0$
- La empresa  $j$  observa  $q_i$  y elige una cantidad  $q_j \geq 0$
- Las ganancias de la empresa  $i$  vienen dadas por la función de beneficio:  
 $\pi_i(q_i, q_j) = q_i[P(Q) - c]$ , Donde  $P(Q)=a-Q$  es el precio de equilibrio del mercado cuando la cantidad agregada es  $Q=q_i + q_j$  y  $c$  es el costo marginal constante de producción.

Para encontrar la solución de equilibrio se debe utilizar la inducción hacia atrás con el fin de encontrar la reacción de la empresa 2 a cualquier cantidad fijada por la empresa 1, maximizando la utilidad de la empresa 2 de la siguiente forma:

$$\max_{q_2 \geq 0} \pi_2(q_1, q_2) = \max_{q_2 \geq 0} q_2[a - q_1 - q_2 - c]$$

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial q_2} = a - q_1 - 2q_2 - c = 0$$

Despejando

$$q_2 = \frac{a - c - q_1}{2}$$

Por lo tanto la función de reacción de la empresa 2 para cualquier cantidad de la empresa 1, siempre que  $a - c > q_1$  es:

$$R_2(q_1) = \frac{a - c - q_1}{2}$$

Dado que la empresa 1 puede resolver el problema de la empresa 2 tanto como la empresa 2, la empresa 1 prevé la función de reacción de la empresa dos y la toma en cuenta a la hora de maximizar su beneficio:

$$\max_{q_1 \geq 0} \pi_1(q_1, q_2) = \max_{q_1 \geq 0} q_1[a - q_1 - R_2(q_1) - c]$$

Sustituyendo se tiene el siguiente problema

$$\max_{q_1 \geq 0} q_1[a - q_1 - \frac{a - c - q_1}{2} - c]$$

Simplificando términos el problema queda de la siguiente forma

$$\max_{q_1 \geq 0} q_1[a - c - q_1 - \frac{a - c - q_1}{2}] = \max_{q_1 \geq 0} q_1[\frac{a - c - q_1}{2}]$$

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial q_1} = \frac{a - c}{2} - q_1 = 0$$

$$q_1^* = \frac{a - c}{2}$$

Esto representa la cantidad óptima de la empresa 1 y se sustituye esta cantidad en la función de reacción de la empresa 2 para obtener su cantidad óptima

$$R_2(q_1) = \frac{a - c - q_1^*}{2} = \frac{a - c - \frac{a - c}{2}}{2} = \frac{\frac{a - c}{2}}{\frac{2}{1}} = \frac{a - c}{4} = q_2^*$$

$$q_2^* = \frac{a - c}{4}$$

Esta es la cantidad óptima del jugador 2, se puede observar que la cantidad de la empresa 1 es mayor que la cantidad de la empresa 2, esto es así debido a que la empresa 1 es líder y conoce su cantidad a producir y regularmente en teoría de juegos “Tener más información (o más precisamente que otros jugadores sepan que uno tiene más información) puede hacer que un jugador este peor” (Gibbons, 1993)

La solución de equilibrio, encontrada a través de la inducción hacia atrás, es  $(q_1^*, q_2^*)$

### 2.3. Teoría de juegos aplicada a la interacción de las políticas fiscal y monetaria.

La importancia que tienen las políticas fiscal y monetaria para la sociedad hizo que su interacción fuera algo fundamental, pues la forma de aplicación de éstas es muy variada así como los resultados, por lo que muchos autores han utilizado la teoría de juegos para analizar la coordinación y/o interacción de dichas políticas y además proponer la coordinación y/o interacción que mejor se acople a dicha economía y sociedad, uno de los principales trabajos que trajo a discusión este tema fue el de Sargent y Wallace “Some unpleasant monetarist arithmetic” de 1981, en el que utilizan la teoría de juegos para analizar los efectos de distintas formas de interacción entre ambas políticas, por ejemplo, ellos mencionan que cuando la política monetaria es líder y la política fiscal es seguidora, la política monetaria anuncia el crecimiento de la base monetaria para el periodo presente y los posteriores, en este caso la política fiscal debe enfrentarse a las restricciones impuestas por la demanda de bonos. Y

afirman que la política monetaria puede tener absoluto control de la inflación en una economía monetarista, pues goza de cierta libertad para escoger la cantidad de base monetaria (Sargent & Wallace, 1981). Por otro lado, cuando la política fiscal es líder y la política monetaria seguidora, la primera fija independientemente su presupuesto, anunciando todos los déficits y superávits en los que incurrirá en el periodo presente y en todos los siguientes, determinando así todos sus ingresos. Bajo este esquema de interacción la política monetaria enfrenta las restricciones impuestas por la demanda de bonos gubernamentales, y por más que intente financiarse con señoreaje, cualquier diferencia entre los ingresos demandados por la autoridad fiscal y la cantidad de bonos, debe ser vendida al público. Sin embargo, ellos mencionan que la política monetaria aun es capaz de controlar la inflación aunque en menor medida que bajo el primer esquema (Sargent & Wallace, 1981).

Este trabajo abrió el tema a la discusión e investigación para quienes estaban interesados en buscar la coordinación y/o interacción óptima de las políticas fiscal y monetaria bajo distintos esquemas.

Los trabajos de investigación en esta rama se pueden separar principalmente en dos; aquellos donde se analiza la interacción óptima de las políticas fiscal y monetaria con un equilibrio general para determinar las estrategias óptimas por parte de cada autoridad poniendo énfasis en una función de pérdida como lo hacen (Sargent & Wallace, 1981), (Lambertini & Rovelli, 2003), (Kirsanova, 2005), (Dixit & Lambertini, 2000) (Saulo, Rêgo, & Divino, 2010) y (Merzlyakov, 2012). Y aquellos donde se analiza la interacción óptima pero ahora reflejando las “ganancias y pérdidas” de cada política en una matriz de pagos como (Blinder, 1982), (Libich, 2014) y (Rodríguez, Mendoza, & Romo, 2014)

Lambertini (2003), utiliza un modelo de oferta y demanda agregada y a partir de dicho modelo deriva las funciones de pérdida tanto del banco central como del gobierno y del tesoro, y optimizando dichas funciones obtiene la mejor respuesta de cada autoridad y analiza juegos estáticos con información completa y perfecta donde llega a un equilibrio de Nash y juegos dinámicos con información completa del tipo Stackelberg, con el fin de encontrar la interacción que minimice las pérdidas de la sociedad en la Unión Europea, específicamente

en la Unión Monetaria Europea , y llega a la conclusión de que ambas autoridades están en una mejor situación con una solución tipo Stackelberg, independientemente de quien sea el líder, que en una situación en las que ambas autoridades eligen sus estrategias sin tomarse en cuenta del tipo Nash. Sin embargo Lambertini menciona que, debido a que si hubiera choques en la economía la política fiscal desearía ajustarse para minimizar su función de pérdida y debido a sus problemas inherentes en cuanto a la lenta y complicada implementación de algún cambio, la política fiscal debe ser líder y la política monetaria seguidora.

Dixit & Lambertini (2000), utilizan un modelo de equilibrio general estático de dos ecuaciones con competencia monopolística y *staggered prices* para analizar la interacción óptima de las políticas fiscal y monetaria, con juegos estáticos y dinámicos ambos con información completa y poniendo énfasis en la función de pérdida de cada autoridad, ellos concluyen que cuando cada autoridad maximiza su función objetivo individualmente, en el equilibrio de Nash habrá un producto muy bajo y una inflación muy alta, debido a que la política fiscal es sumamente contractiva y la política monetaria muy expansiva. Y que entre los equilibrios de Stackelberg se está en una mejor situación cuando la política fiscal es líder. Merzlyakov (2012), aplica un modelo de equilibrio general de dos etapas, utiliza 7 ecuaciones para reflejar el comportamiento característico de una economía exportadora (pues centra su análisis numérico en Rusia), analiza juegos simultáneos con información completa donde cada autoridad maximiza su función objetivo de forma independiente y juegos dinámicos con información completa del tipo Stackelberg donde una autoridad es líder y la otra es seguidora. La principal conclusión es que para una economía exportadora como Rusia, lo mejor desde el punto de vista de la sociedad es que tanto el gobierno como el banco central adopten políticas expansivas, las cuales se pueden lograr en el equilibrio de Stackelberg cuando la política fiscal es líder y la política monetaria es seguidora o cuando ambas coordinan, por otro lado, la interacción que tiene los peores resultados para la sociedad debido a que existe inflación muy alta y desviaciones del producto respecto de su potencial es cuando ambas autoridades eligen su estrategia sin tomarse en cuenta, es decir en juegos simultáneos con información completa.

Kirsanova (2005), utiliza un modelo de equilibrio general dinámico de 5 ecuaciones, que representan la demanda agregada, la oferta agregada, la acumulación de deuda pública, y dos

funciones que reflejan el comportamiento de la política fiscal y la política monetaria, con esto complementa “el modelo simple de tres ecuaciones que se usaba con anterioridad” (Kirsanova, 2005) , y analiza la interacción de las políticas fiscal y monetaria ante choques exógenos mediante juegos estáticos con información completa y juegos dinámicos con información completa del tipo Stackelberg, y llega a la conclusión que cuando la política fiscal y la política monetaria eligen simultáneamente maximizando individualmente su función objetivo, el bienestar social se ve perjudicado. Por otro lado, existe un buen resultado para el bienestar social cuando la política fiscal es líder y la política monetaria es seguidora en el sentido Stackelberg, resultado similar a cuando ambas políticas cooperan.

Saulo et al (2010), aplican un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico con *sticky prices* dentro de un marco de referencia nuevo keynesiano, utilizan una ecuación de demanda agregada, una ecuación de oferta agregada y dos reglas óptimas; una para representar la política fiscal y otra para la política monetaria, y analizan juegos estáticos y dinámicos con información completa para encontrar la interacción óptima entre las políticas fiscal y monetaria que minimice la función de pérdida de la sociedad, además de realizar un ejercicio numérico para la economía brasileña donde encuentran que el equilibrio que arroja mejores resultados para la sociedad es aquel en donde la política monetaria es líder y la política fiscal es seguidora, pues es mediante esa interacción donde la pérdida social es menor.

Blinder (1982), utiliza la teoría de juegos para explicar el comportamiento de las políticas fiscal y monetaria en los Estados Unidos para el periodo 1961-1980, y debido a la independencia que existe entre ambas autoridades realiza un análisis mediante juegos simultáneos y juegos dinámicos con información completa, en los cuales las acciones con las cuales dispone cada autoridad son: 1) aplicar una política contractiva o 2) aplicar una política expansiva, en juegos simultáneos la acción “contractiva” domina a la acción “expansiva” para la política monetaria debido, a que en este caso la FED, desea una inflación baja, sin embargo, para la política fiscal es la acción “expansiva” la que domina a “contractiva” y por ende concluye que el equilibrio de Nash está cuando la política fiscal es expansiva y la política monetaria es contractiva, y esta conclusión es válida también para juegos dinámicos donde la política monetaria es líder.

Libich (2014), utiliza la teoría de juegos y su forma matricial para representar las ganancias y/o pérdidas de la autoridad fiscal y de la autoridad monetaria, en juegos simultáneos cada autoridad puede elegir entre la acción “disciplina” y la acción “indisciplina” en este caso a diferencia del trabajo de (Blinder, 1982), el autor encuentra dos equilibrios de Nash en estrategias puras y uno en estrategias mixtas, su principal contribución es que realiza un análisis dinámico poniendo énfasis en el equilibrio perfecto en subjuegos y concluye que bajo ciertos escenarios y circunstancias una política monetaria disciplinada y una política fiscal disciplinada son un equilibrio de Nash, sin embargo, menciona que si el gobierno es muy ambicioso será indisciplinado independientemente del compromiso del banco central y esto tendrá efectos ambiguos en la economía.

Rodriguez, Mendoza, & Romo (2014), utilizan la teoría de juegos con el fin de conocer las estrategias óptimas de la política fiscal y la política monetaria para la economía colombiana, ellos realizan un análisis empírico de una situación hipotética con alumnos de una universidad para representar ambas autoridades, a dichos agentes se les presentaron los jugadores, las acciones y los pagos. Ellos realizan un juego dinámico con información completa y perfecta (donde la autoridad monetaria es líder y la autoridad fiscal es seguidora) de 4 etapas para obtener las estrategias óptimas y el equilibrio perfecto en subjuegos, con el fin de poder proponer un comportamiento óptimo para ambas autoridades que mejore las condiciones de la economía. Ellos concluyen que “debido a factores exógenos a los individuos y factores asociados a la personalidad” no se puede alcanzar un equilibrio perfecto en subjuegos, e incluso se llegó a situaciones teóricamente irracionales, pero ellos rescatan un resultado y es que la autoridad fiscal prefiere cooperar con la autoridad monetaria e incluso si existe algún conflicto en la aplicación de las políticas, la decisión es favorecer a la autoridad monetaria.



## Conclusiones

En este capítulo se presentó una parte de la teoría de juegos, se observó que los juegos estáticos con información completa y perfecta son juegos donde los jugadores no interactúan entre sí, sin embargo, sí conocen las acciones y pagos de los demás jugadores aunque antes de tomar su decisión no conocen que han elegido los demás jugadores y el hecho de que los jugadores maximicen su utilidad lleva a un equilibrio que es sumamente estable conocido como el equilibrio de Nash. Se observó además que en los juegos dinámicos con información completa y perfecta los jugadores sí tienen cierta interacción pues son juegos sucesivos donde los jugadores conocen la historia previa del juego, este tipo de juegos pueden ser solucionados con la inducción hacia atrás, y así, encontrar el equilibrio perfecto en subjuegos, éste equilibrio elimina todos los equilibrios que contienen amenazas no creíbles, pues todo equilibrio perfecto en subjuegos es un equilibrio de Nash pero no todo equilibrio de Nash es un equilibrio perfecto en subjuegos.

Posteriormente se observó que la teoría de juegos se ha usado para analizar la interacción óptima entre la política fiscal y la política monetaria (tanto usando juegos estáticos como juegos dinámicos ambos con información completa), principalmente de dos formas, una en la cual a través de un equilibrio general se obtienen las mejores respuestas de ambas autoridades poniendo énfasis en la función de pérdida de la autoridad fiscal, monetaria y de la sociedad, y encontrando así el equilibrio de Nash y/o el equilibrio de Nash perfecto en subjuegos. Y otra en la cual a través de utilidades hipotéticas representadas en una matriz de pagos se obtiene el beneficio o pérdida de cada autoridad, y se obtiene el equilibrio de Nash y/o el equilibrio de Nash perfecto en subjuegos.

Se observó que este tipo de trabajos ha sido aplicado a economías o países en particular como Saulo et al (2010) que realiza su trabajo para Brasil, como Merzlyakov (2012) lo hace para Rusia o como Rodríguez et al (2014) lo hace para Colombia, pero también para analizar uniones monetarias o conglomerados de países como lo hace Lambertini (2003).

Dentro de la literatura algunos autores tienen conclusiones similares y mencionan que el resultado del equilibrio proveniente de un juego dinámico con información completa del tipo Stackelberg es generalmente mejor al equilibrio proveniente de un juego estático con información completa del tipo Nash, por ejemplo, Dixit y Lambertini (2000) concluyen que si ambas políticas juegan un juego estático con información completa del tipo Nash, se tendrá un producto bajo y una inflación alta debido a que tendrá como resultado una política fiscal muy contractiva y una política monetaria muy expansionista. Sin embargo, que entre los equilibrios donde existe un líder, aquel donde la política fiscal es líder generalmente tiene mejores resultados. Kirsanova (2005) concluye que si la autoridad fiscal y la autoridad monetaria se coordinan y cooperan a la hora de fijar sus instrumentos de política, la respuesta ante un choque de inflación será: que la autoridad monetaria absorberá la carga de la estabilización, mientras la autoridad fiscal controla la deuda e incluso si se juega un juego donde la política fiscal es líder y la política monetaria seguidora los resultados serán similares, sin embargo, si se juega un juego estático con información completa y perfecta del tipo Nash el bienestar social se verá perjudicado. Kirsanova y Fragetta (2010) concluyen que existe evidencia empírica que sugiere que en el Reino Unido y Suecia la política fiscal y monetaria juegan un juego dinámico con información completa del tipo Stackelberg con la política fiscal como líder, y por otro lado, no encuentran evidencia de que en Estados Unidos la política fiscal y monetaria se tomen en cuenta, por lo cual, puede concluirse que juegan un juego estático con información completa del tipo Nash. Lambertini y Rovelli (Lambertini & Rovelli, 2003) concluyen que tanto la autoridad fiscal como la autoridad monetaria prefieren el resultado de un juego tipo Stackelberg al resultado de un juego tipo Nash, independientemente de quien sea el líder. Sin embargo, en la práctica encuentran dos factores que apuntan a que la política fiscal sea líder, el primero es que, si no fuera líder entonces dependiendo del choque podría elegir entre minimizar la función de pérdida del gobierno o la del tesoro, lo cual crearía confusión. Y la segunda es que en la práctica se observa que la política fiscal se establece antes que la política monetaria y se revisa menos frecuentemente. Saulo et al (2010) concluye que la menor pérdida del bienestar social se encuentra cuando la política monetaria es líder, por lo tanto, este equilibrio de Stackelberg es superior al equilibrio de Nash cuando ambas autoridades minimizan su función de pérdida individualmente.

La siguiente tabla resume las principales conclusiones de los autores.

Tabla 3: Conclusiones de autores

	Stackelberg > Nash	Stackelberg (PF líder) > Nash	Stackelberg (PF líder) > Stackelberg (PM líder)	Resumen
Dixit y Lambertini	SI	SI	SI	El equilibrio cuando se juega Stackelberg con la política fiscal como líder es mayor a cuando la política monetaria y cuando ambas autoridades minimizan de manera individual.
Kirsanova	SI	SI	-	Cuando la política fiscal es líder los resultados serán mejor a cuando ambas autoridades minimizan sus funciones sin tomarse en cuenta.
Kirsanova y Fragetta	SI	-	-	Encuentran que en el Reino Unido y Suecia la política fiscal es líder y la política monetaria seguidora.
Lambertini y Rovelli	SI	Si	-	Tanto la autoridad fiscal como la autoridad monetaria estarán en una mejor situación en un juego tipo Stackelberg que en un juego tipo Nash, independientemente de quién sea el líder.
Helton Saulo	SI	Si	No	Concluye que el equilibrio proveniente del juego tipo Stackelberg con la política monetaria como líder es mejor que cuando la política fiscal es líder y cuando ambos minimizan de manera individual.

Fuente: Elaboración propia

### 3. JUEGO ESTÁTICO Y DINÁMICO PARA MÉXICO 1994-2014

Se ha observado que en el periodo de 1994 a 2014 la política fiscal, puesta en marcha por el gobierno mexicano, y la política monetaria, puesta en marcha por Banxico, han tenido cierta interacción pero solo bajo ciertas circunstancias extremas como la crisis de 1994 y la crisis 2008-2009, sin embargo, el comportamiento que domina es uno en cual Banxico hace todo lo posible por llegar a su objetivo inflacionario y la política fiscal se dedica a mantener finanzas públicas sanas sin incurrir en grandes déficits presupuestarios.

El objetivo de este capítulo es calcular el efecto en las principales variables macroeconómicas y en la función de pérdida de la sociedad, de la no interacción de la política fiscal y monetaria, así como de la interacción de la política fiscal con la política monetaria. Para ello se usará la teoría de juegos, primero se hará un juego estático con información completa y perfecta, se mostrará el equilibrio de Nash y los resultados que arroja dicho equilibrio en la inflación y el producto, poniendo énfasis en la función de pérdida tanto de la sociedad como de cada autoridad, y posteriormente, se hará un juego dinámico con información completa y perfecta del tipo Stackelberg, donde la política fiscal es líder y la política monetaria seguidora, se calculará el equilibrio perfecto en subjuegos observando los efectos de dicho equilibrio en la inflación y el producto, así como en la función de pérdida de cada autoridad y de la sociedad.

La estructura que presenta el capítulo es la siguiente: en el primer apartado se describe el modelo de Dixit y Lambertini (2000) así como una variación realizada por Kirsanova (2005) que se usará para representar el comportamiento de la economía. En el segundo apartado se realizó un juego estático con información completa y se derivó el equilibrio de Nash. En el tercer apartado se desarrolló un juego dinámico con información completa y se derivó el equilibrio de Nash perfecto en subjuegos. Y en el último apartado se presentaran los resultados de dichos juegos en las principales variables macroeconómicas así como en la función de pérdida fiscal, monetaria y de la sociedad.

### 3.1. Modelo estático de equilibrio general

En este apartado se expondrá un modelo estático de dos ecuaciones, que es una simplificación realizada por Kirsanova (2005) del modelo presentado por Dixit y Lambertini (2000), ellos utilizan un modelo estático de dos ecuaciones para una economía cerrada donde interactúan dos gestores de política y el producto es sub óptimo debido al poder monopólico de algunas empresas, utilizan una función de demanda agregada donde el producto ( $y$ ) depende positivamente de la política fiscal ( $x$ ), de una sorpresa inflacionaria ( $b$ ) y un choque aleatorio ( $\epsilon$ ). Y una ecuación para representar el comportamiento de la inflación, donde la inflación ( $\pi$ ) es igual a la oferta monetaria ( $m$ ) más el efecto de la política fiscal ( $c$ ) a la inflación. En este caso ellos representan el instrumento de la política fiscal con subsidios a la producción, y un incremento en los subsidios (política fiscal expansiva) corta los efectos monopólicos e incrementa el producto, por otro lado, al incrementar la oferta de bienes y servicios se reducen los precios, por lo tanto, la política fiscal afecta tanto al producto como a la inflación. Y la oferta monetaria es el instrumento de la política monetaria, un incremento de la oferta monetaria sube el nivel de precios y con ello la inflación.

La demanda agregada:

$$Y = \bar{Y} + ax + b(\pi - \pi^e) + \epsilon$$

$Y$  = Producto

$\bar{Y}$  = Producto natural o potencial

$a$  = Efecto directo de la política fiscal al producto

$x$  = Representa la política fiscal

$b$  = Efecto que tiene un aumento inesperado del nivel de precios al producto.

$\pi$  = Inflación

$\pi^e$  = Inflación esperada

$\epsilon$  = Término de error

La inflación:

$$\pi = m + cx$$

$\pi$ =inflación

m= Parte que controla la política monetaria

c= El efecto de la política fiscal a la inflación.

En la ecuación de demanda el producto potencial es sub óptimo debido al poder monopolístico, y se puede observar que un incremento en los subsidios a través de una política fiscal expansiva incrementa el producto así como también lo hace una sorpresa inflacionaria.

Por otro lado, en la ecuación de la inflación se observa que si la autoridad monetaria incrementa la oferta monetaria y/o la autoridad fiscal aplica una política expansiva, incrementa la inflación.

Este es el modelo estático presentado por Dixit y Lambertini, sin embargo, Kirsanova lo simplifica con el fin de proporcionar un modelo estático que sea congruente con los resultados de un modelo dinámico como el presentado por ella, pero además que no tenga ciertas incongruencias en las conclusiones pues menciona que “los autores muestran que, usando valores razonables para los coeficientes del modelo los resultados del equilibrio de Nash pueden ser peores que aquellos cuando la política fiscal es líder, como en nuestro trabajo. Pero para otros, también razonables, valores para esos mismos coeficientes lo contrario es verdad” (Kirsanova, 2005, pág. 551), y desarrolla un modelo que no presente estos problemas y que a la vez sirva como una versión simplificada de su modelo, con las siguientes diferencias:

1. No asume ni una economía monopolística donde el producto sea sub óptimo ni analiza el problema de un sesgo inflacionario, sino una economía en la cual la inflación está por encima de su objetivo debido a las políticas puestas en marcha como respuesta a los choques.

2. Dixit y Lambertini utilizan los subsidios a la producción como la herramienta de la política fiscal argumentando que un incremento de los subsidios incrementa el producto pues “corta” los efectos monopolísticos y además al incrementar la oferta de bienes y servicios disminuyen los precios. Kirsanova menciona que esto puede ser cierto en el corto plazo pero no necesariamente para el largo plazo, por lo que propone el gasto del gobierno como la herramienta de política fiscal
3. Los autores usan la oferta monetaria como herramienta de la política monetaria, y Kirsanova utiliza la tasa de interés, sin embargo, ella menciona que “esta diferencia, que parece importante, no lo es en absoluto” (Kirsanova, 2005)
4. En el modelo de Dixit y Lambertini el proceso para determinar la inflación es *forward-looking*, sin embargo, por la forma como Kirsanova construye el modelo este hecho no ofrece una ventaja adicional.
5. Al ser un modelo estático los gestores de política no tienen restricciones para mantener la deuda bajo control.

El modelo presentado por Kirsanova es el modelo que se usó en este trabajo y consiste en dos ecuaciones, una curva IS y una curva de Phillips estática aumentada por expectativas.

La curva IS es una ecuación que representa el comportamiento de la brecha del producto<sup>9</sup> en función de la tasa de interés, del gasto de gobierno y de un choque aleatorio, la brecha del producto ( $y$ ) depende negativamente de la tasa de interés ( $r$ ) debido a que un incremento en la tasa de interés disminuye el consumo y con ello contrae la demanda, y depende positivamente del gasto de gobierno ( $g$ ), pues al incrementar el gasto de gobierno incrementan las compras por parte del gobierno y con ello la demanda; incrementando ( $y$ ), como muestra la siguiente ecuación:

---

<sup>9</sup> La brecha del producto se representa como la diferencia entre el producto observado o demanda y el producto natural. Entonces  $y = (y_o - y_n)$

*Ecuación 1*

$$y = -\sigma r + \delta g + \varepsilon$$

y= Brecha del producto

r= Tasa de interés

g= Gasto de gobierno

$\varepsilon$ = Choque aleatorio

$\sigma$ = Efecto de la tasa de interés a la brecha del producto

$\delta$ = Efecto del gasto del gobierno a la brecha del producto

Y la segunda ecuación representa el comportamiento de la inflación ( $\pi$ ), y ésta es igual a la inflación esperada ( $\pi^e$ ) más el efecto de la brecha del producto a la inflación ( $\omega$ ) menos el efecto de la tasa de interés ( $\xi$ ) más un choque aleatorio ( $\nu$ ). La inflación depende positivamente de la brecha del producto debido a que si la brecha es positiva indica que el producto observado es mayor que el producto potencial y por ende hay presiones por el lado de la demanda que incrementan la inflación, por otro lado depende negativamente de la tasa de interés debido a que un incremento en la tasa de interés disminuye la inflación, más un choque aleatorio.

*Ecuación 2*

$$\pi = \pi^e + \omega y - \xi r + \nu$$

$\pi$ = Inflación

$\pi^e$ = Inflación esperada

y= Brecha del producto

r= Tasa de interés

$\omega$ = Efecto de la brecha del producto a la inflación

$\xi$ = Efecto de la tasa de interés a la inflación

$\nu$ = Efecto aleatorio



Kirsanova analiza el caso donde  $\xi=0$ , lo cual indica que la política fiscal y la política monetaria solo afectan a la inflación a través de la demanda y son “sustitutos perfectos” para controlar tanto la inflación como el producto. Sin embargo, al ser un caso especial no se tomará en cuenta y solo se analizará el caso donde  $\xi \neq 0$

### 3.2. Juego estático con información completa y perfecta

El siguiente juego tiene dos jugadores; la autoridad fiscal (f) y la autoridad monetaria (m), las acciones de momento se dejarán de lado pues no importa que acciones tenga cada autoridad dado que si ambos maximizan su función objetivo se llegará a un equilibrio de Nash, y ambos poseen una función de pérdida, la cual refleja su función de utilidad, como se muestra a continuación:

*Ecuación 3*

$$L_i = \frac{1}{2} (\pi^2 + \alpha_i (y_i - y)^2 + \gamma g^2)$$

para  $i=f,m$

Donde la función de pérdida de la autoridad monetaria es representada por  $L_m$  y la función de pérdida de la autoridad fiscal por  $L_f$ , los parámetros  $\alpha_i$  y  $\gamma$  representan el peso que cada autoridad le da a la variación del producto y al gasto gubernamental respectivamente. Dentro de la función de pérdida de la autoridad fiscal el efecto de las desviaciones del producto respecto de su potencial es mayor por lo que  $\alpha_f > \alpha_m$  (Kirsanova, 2005), Saulo et al. (2010), (Merzlyakov, 2012) además se supone que la autoridad monetaria desea un producto igual o menor al potencial con el fin de que no existan presiones inflacionarias que alejen la inflación observada de su objetivo inflacionario, sin embargo la autoridad fiscal desea un producto mayor que el producto potencial por lo que  $y_f > y_m$ .

Al ser una función de pérdida el máximo beneficio se obtendrá cuando el valor de dicha función sea el mínimo, por lo que el equilibrio de Nash se obtendrá cuando ambos agentes minimicen su función de pérdida individualmente sin tomarse en cuenta.

### 3.2.1. Función de reacción de la autoridad monetaria

La mejor respuesta de la autoridad monetaria o función de reacción se obtiene minimizando su función de pérdida pero sujeta a los valores iniciales de la economía (Saulo, Rêgo, & Divino, 2010) (Kirsanova, 2005) por lo que se recurre a un multiplicador de Lagrange y la función a minimizar se presenta a continuación:

$$\mathcal{L}^m = \frac{1}{2}(\pi^2 + \alpha_m(y_m - y)^2 + \gamma g^2) + \lambda_1(-\sigma r + \delta g + \varepsilon - y) + \lambda_2(\pi^e + \omega y - \xi r + v - \pi)$$

Se deriva la función objetivo respecto de la tasa de interés, la inflación y el producto, y se obtienen las condiciones de primer orden.

$$\min_{r, y, \pi, \lambda_1, \lambda_2} \mathcal{L}^m = \frac{1}{2}(\pi^2 + \alpha_m(y_m - y)^2 + \gamma g^2) + \lambda_1(-\sigma r + \delta g + \varepsilon - y) + \lambda_2(\pi^e + \omega y - \xi r + v - \pi)$$

*Ecuación 4*

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial r} = -\lambda_1 \sigma - \lambda_2 \xi = 0$$

*Ecuación 5*

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \pi} = \pi - \lambda_2 = 0$$

*Ecuación 6*

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial y} = -\alpha_m(y_m - y) - \lambda_1 + \lambda_2 \omega = 0$$

*Ecuación 7*

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_1} = -\sigma r + \delta g + \varepsilon - y = 0$$

*Ecuación 8*

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_2} = \pi^e + \omega y - \xi r + v - \pi = 0$$

De la Ecuación 5 se obtiene que  $\lambda_2 = \pi$  y de la Ecuación 4 se obtiene que  $\lambda_1 = -\frac{\lambda_2 \xi}{\sigma}$  sustituyendo 5 en 4 se obtiene que  $\lambda_1 = -\frac{\pi \xi}{\sigma}$ , despejando  $\lambda_1$  de la Ecuación 6 se obtiene que

$\lambda_1 = -\alpha_m(y_m - y) + \lambda_2\omega$ , sustituyendo  $\lambda_1$  y  $\lambda_2$  se tiene que  $-\frac{\pi\xi}{\sigma} = -\alpha_m(y_m - y) + \pi\omega$  y despejando la inflación se obtiene que

*Ecuación 9*

$$\pi = \frac{\sigma\alpha_m(y_m - y)}{(\xi + \sigma\omega)}$$

La Ecuación 9 representa la función de reacción monetaria (FRM) en función de la inflación, esa inflación es la que minimiza la función de pérdida de la autoridad monetaria y existe un mínimo porque  $\frac{\partial^2 \mathcal{L}}{\partial \pi^2} > 0$ . Además se puede observar que entre mayor sea el efecto de la tasa de interés al producto, mayor será la pendiente de la curva lo que refleja que ante un cambio en la brecha del producto el cambio en la inflación será mayor. Y que si el producto deseado por la política monetaria es igual al producto observado entonces la inflación que minimiza la función de pérdida será cero. Esta función tiene una pendiente negativa en el plano  $(y, \pi)$  (Kirsanova, 2005) (Dixit & Lambertini, 2000)

### 3.2.2. Función de reacción de la autoridad fiscal

Ahora se obtendrá la mejor respuesta de la autoridad fiscal, para lo cual se debe minimizar su función de pérdida que está igualmente sujeta a los valores iniciales de la economía, se ocupa un multiplicador de Lagrange y la función a minimizar se presenta a continuación:

$$\mathcal{L}^f = \frac{1}{2}(\pi^2 + \alpha_f(y_f - y)^2 + \gamma g^2) + \lambda_1(-\sigma r + \delta g + \varepsilon - y) + \lambda_2(\pi^e + \omega y - \xi r + \nu - \pi)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial g} = \gamma g + \lambda_1 \delta = 0$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \pi} = \pi - \lambda_2 = 0$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial y} = -\alpha_f (y_f - y) - \lambda_1 + \lambda_2 \omega = 0$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_1} = -\sigma r + \delta g + \varepsilon - y = 0$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_2} = \pi^e + \omega y - \xi r + \nu - \pi = 0$$

Despejando se obtiene que  $\lambda_2 = \pi$  y  $\lambda_1 = -\alpha_f (y_f - y) + \lambda_2 \omega$

Sustituyendo y despejando la inflación se obtiene la siguiente ecuación:

*Ecuación 10*

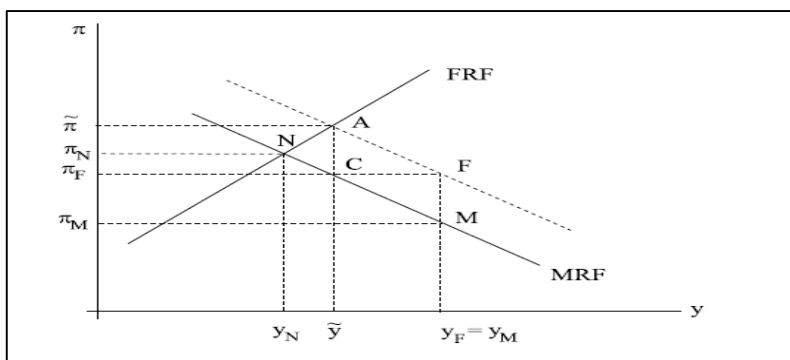
$$\pi = \frac{\gamma(\sigma\pi^e + \sigma\nu - \xi\varepsilon) - \delta^2\xi\alpha_f y_f}{\gamma\sigma - \delta^2\xi\omega} + \frac{\gamma(\xi + \sigma\omega) + \delta^2\xi\alpha_f}{\gamma\sigma - \delta^2\xi\omega} y$$

La Ecuación 10 representa la función de reacción fiscal (FRF) en función de la inflación, esa inflación es la que minimiza la función de pérdida de la autoridad fiscal y existe un mínimo porque  $\frac{\partial^2 \mathcal{L}}{\partial \pi^2} > 0$ . Se puede observar que esta curva tiene una pendiente igual a  $\frac{\gamma(\xi + \sigma\omega) + \delta^2\xi\alpha_f}{\gamma\sigma - \delta^2\xi\omega} > 0$  (Kirsanova, 2005), y el efecto del gasto de gobierno (g) a la función de pérdida desplaza la función paralelamente.

### 3.2.3. Equilibrio de Nash

El equilibrio de Nash existe en el punto donde la FRM y la FRF son iguales (Dixit & Lambertini, 2000) (Kirsanova, 2005) como se muestra a continuación:

Figura 12: Función de reacción fiscal, monetaria y equilibrio de Nash



Fuente: (Dixit & Lambertini, 2000)

En la Figura 12 se puede observar la función de reacción fiscal y la función de reacción monetaria (MRF por sus siglas en inglés) con pendiente positiva y negativa respectivamente, en el plano  $(y, \pi)$ . La línea punteada paralela a la MRF representa una política monetaria conservadora que tiene un equilibrio en el punto A, en ese punto se alcanza el producto potencial y la inflación de equilibrio, sin embargo, Dixit y Lambertini (2000) mencionan que ese punto es sub óptimo debido a la inconsistencia dinámica, pues si se llega al punto A ambas políticas tienen incentivos para intentar incrementar el producto.

Dixit y Lambertini mencionan que la mejor asignación se daría en el punto F donde el producto deseado por la política monetaria es igual al deseado por la política fiscal y es mayor al producto potencial, o sea  $\tilde{y} < y_F = y_M$ , sin embargo, este punto no puede alcanzarse debido a que el parámetro  $\gamma$  en la función de pérdida de la política fiscal es mayor a cero, por lo que si bien, incrementar el gasto incrementa el producto, en algún punto este incremento empeora la función pérdida y por lo tanto no es óptimo.

Se puede observar que el equilibrio de Nash se alcanza en la intersección de ambas funciones en el punto N, en ese punto el producto es menor que el producto potencial y la inflación menor que la inflación de equilibrio, sin embargo, a pesar de ser sub óptimo es estable. En el equilibrio de Nash, Dixit y Lambertini (2000) identifican las siguientes características:

$$y_N \leq y_M < y_F, \quad y_N \leq \tilde{y}, \quad \pi_N \geq \pi_F > \pi_M$$

Entonces, si ambas autoridades minimizan su función de pérdida sin tomarse en cuenta, se llegara a un equilibrio de Nash en donde el producto será menor o igual al producto deseado por la autoridad monetaria pero estrictamente menor al deseado por la autoridad fiscal, y además el producto resultado del equilibrio de Nash es menor al producto potencial. Por lo tanto, la inflación resultado del equilibrio de Nash será menor que la inflación de equilibrio, pero mayor o igual que la inflación correspondiente al producto deseado por la autoridad fiscal y estrictamente mayor que la inflación correspondiente al producto deseado por una autoridad monetaria conservadora.

### 3.3. Juego dinámico con información completa y perfecta del tipo Stackelberg

En este apartado se desarrolla un juego dinámico con información completa y perfecta del tipo Stackelberg, solo se consideró el caso donde la autoridad fiscal es líder y la autoridad monetaria es seguidora como muestra Kirsanova (2005) debido principalmente a que Dixit y Lambertini (2003), mencionan que el equilibrio con la política fiscal como líder es generalmente mejor al equilibrio con la política monetaria como líder, además porque Lambertini y Rovelli (2003) encuentran empíricamente dos factores para que la política fiscal sea líder; el primero es que, si no fuera líder entonces dependiendo del choque podría elegir entre minimizar la función de pérdida del gobierno o la del tesoro, lo cual crearía confusión, y el segundo, es que en la práctica se observa que la política fiscal se establece antes que la política monetaria y se revisa menos frecuentemente.

Para obtener el equilibrio de Nash perfecto en subjuegos se recurrió a la inducción hacia atrás, por lo cual primero se minimiza la función de pérdida de la autoridad monetaria sujeta a los valores iniciales de la economía y tomando a la política fiscal ( $g$ ) como dada, y con ello se obtiene la mejor respuesta que puede dar dicha autoridad, o sea, FRM  $\pi = \frac{\sigma\alpha_m(y_m - y)}{(\xi + \sigma\omega)}$ , posteriormente se minimiza la función de pérdida de la autoridad fiscal pero sujeta a los valores iniciales de la economía y a la mejor respuesta de la autoridad monetaria (FRM), por lo que se recurre a un multiplicador de Lagrange y al minimizar y obtener las condiciones de primer orden se tendrá la función de reacción del líder, en este caso la función de reacción fiscal Stackelberg (FRFS) como se muestra a continuación:

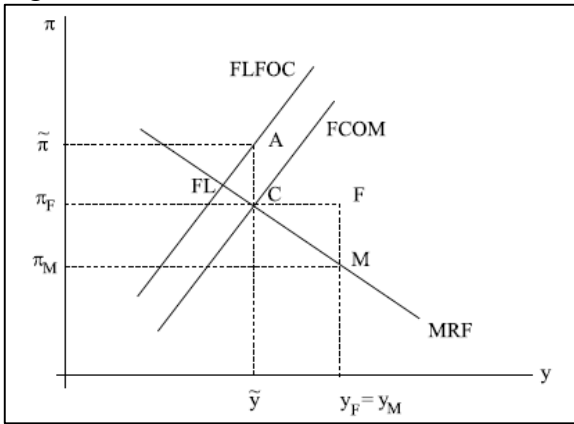
$$\mathcal{L}^f = \frac{1}{2}(\pi^2 + \alpha_f(y_f - y)^2 + \gamma g^2) + \lambda_1(-\sigma r + \delta g + \varepsilon - y) \\ + \lambda_2(\pi^e + \omega y - \xi r + \nu - \pi) + \lambda_3\left(\frac{\sigma\alpha_m(y_m - y)}{(\xi + \sigma\omega)} - \pi\right)$$

Y entonces la FRFS en función de la inflación es:

$$\pi = \frac{((\xi + \sigma\omega)(\omega + 1) + \sigma\alpha_m)\gamma(\sigma\pi^e + \sigma\nu - \xi\varepsilon) - (\omega + 1)\delta^2\xi^2\alpha_f y_f}{\gamma\sigma(\xi + \sigma\omega)(\omega + 1) + (\delta^2\xi^2 + \sigma^2\gamma)\alpha_m} \\ + \frac{\gamma(\omega + 1)(\xi + \sigma\omega)^2 + \delta^2\xi^2(\omega + 1)\alpha_f + \gamma\sigma(\xi + \sigma\omega)\alpha_m}{\gamma\sigma(\xi + \sigma\omega)(\omega + 1) + (\delta^2\xi^2 + \sigma^2\gamma)\alpha_m} y$$

Esta función tiene pendiente positiva, y la FRM tiene pendiente negativa, por lo tanto, el equilibrio de Nash perfecto en subjugos se obtiene cuando ambas funciones son iguales.

Figura 13: Función de reacción fiscal, monetaria y equilibrio perfecto en subjugos



Fuente: (Dixit & Lambertini, 2000)

En la Figura 13 se puede observar la función de reacción fiscal cuando es líder (FLFOC, por sus siglas en inglés), la FRM y una función de reacción fiscal cuando ésta adquiere un compromiso con la autoridad monetaria (FCOM), Dixit y Lambertini (2000) mencionan que la FCOM es igual a la FLFOC salvo por un término que involucra las expectativas y por eso ambas curvas son paralelas. El equilibrio de Nash perfecto en subjugos se alcanza en el punto FL, donde la FLFOC y la MRF son iguales. Se puede observar que el producto es menor al potencial y la inflación es menor que la inflación de equilibrio, se sabe que es sub óptimo pero sumamente estable, además elimina aquellos equilibrios de Nash que contienen amenazas no creíbles.

Este equilibrio perfecto en subjugos con la política fiscal como líder y la política monetaria como seguidora representa mejores resultados para ambas autoridades, así como para la sociedad, que el equilibrio de Nash en un juego estático con información completa y perfecta en el cual ambas autoridades minimizan su función de pérdida sin tomarse en cuenta. (Saulo, Rêgo, & Divino, 2010) (Kirsanova, 2005) (Merzlyakov, 2012) (Dixit & Lambertini, 2000) (Lambertini & Rovelli, 2003)

### 3.4. Resultados del juego para el caso de México

En este apartado se analizarán los resultados obtenidos de ambos juegos para el caso de la economía mexicana, primero se analizarán los resultados de un juego estático con información completa, es decir, los resultados cuando ambas autoridades minimizan su función de pérdida sin tener alguna interacción entre sí, posteriormente se analizarán los resultados de un juego dinámico con información completa del tipo Stackelberg donde existe interacción, la política fiscal es líder y la política monetaria seguidora, se pondrá énfasis en los resultados para la inflación, el producto, la tasa de interés y el gasto en el equilibrio. Y por último, se compararán resultados con el fin de observar qué tipo de interacción minimiza la función de pérdida de la sociedad mexicana.

Los datos utilizados para calcular los parámetros del modelo fueron los siguientes: se utilizó la tasa de interés real de CETES a 28 días, pues aunque no es la tasa de interés que controla directamente el banco central, ésta reacciona de forma similar (Cermeño & Villagómez, 2012) y se optó por ésta debido a la insuficiencia de datos antes del 2008 de la tasa de interés objetivo. Para representar el producto se utilizó el logaritmo del producto interno bruto (PIB) a precios de 2010, el producto potencial se calculó a partir de un filtro Hodrick-Prescott de la serie en logaritmo y la brecha del producto simplemente se calculó como la diferencia de ambas series. Para la inflación se utilizó el componente subyacente del índice nacional de precios al consumidor (INPC) como variación mensual interanual, pues esta inflación subyacente refleja mejor los efectos de incrementos en la demanda agregada (Cermeño &



Villagómez, 2012). Y por último se utilizó el déficit primario como porcentaje del PIB potencial para reflejar la política fiscal.

Al ser un sistema de ecuaciones simultáneas con dos variables endógenas y tres exógenas donde la ecuación de oferta está perfectamente identificada y la ecuación IS está sobre identificada, Wooldridge (2001) recomienda utilizar mínimos cuadrados de dos etapas (MC2E) con el fin de resolver dichas ecuaciones dado que presenta las siguientes ventajas respecto a otros métodos, véase (Gujarati & Porter, 2010):

- MC2E proporciona solamente una estimación por parámetro.
- Todo lo que se necesita saber es el número de variables exógenas en el sistema.
- Puede aplicarse a ecuaciones sobreidentificadas o exactamente identificadas

#### 3.4.1. Juego estático con información completa y perfecta

En el juego estático con información completa y perfecta se utilizaron los parámetros<sup>10</sup> mostrados en las ecuaciones del modelo, y se puede observar que el efecto de la tasa de interés a la brecha del producto ( $\sigma$ ) tiene el signo esperado y es estadísticamente significativo (ES),  $\delta$  representa el efecto del gasto de gobierno sobre la brecha del producto y a pesar de que es ES tiene un valor muy pequeño, por lo que una política fiscal expansiva tendrá un efecto muy pequeño sobre la brecha del producto (Martínez, Caamal, & Ávila, 2011) (Cermeño & Villagómez, 2012),  $\omega$  representa el efecto de la brecha del producto a la inflación y se puede observar que es estadísticamente no significativo (ENS), esto se puede deber a que la inflación en el periodo estudiado responde a diversos factores, por ejemplo, en la crisis de 1994 la brecha del producto fue muy grande y negativa, sin embargo, la inflación se incrementó, por otro lado en la crisis de 2008-2009 la brecha del producto fue nuevamente negativa y en este caso la inflación disminuyó.  $\xi$  es el efecto de la tasa de interés al producto, tiene el signo esperado y es ES,  $\alpha_m$  representa el peso que la autoridad monetaria le da a las

---

<sup>10</sup> El cálculo de los parámetros se puede observar en el Anexo.

desviaciones de la brecha del producto en su función de pérdida y es ES, sin embargo, es menor a  $\alpha_f$  que representa el peso que la autoridad fiscal le da a las desviaciones del producto en su función de pérdida.

El producto potencial se calculó mediante un filtro Hodrick Prescott y es de aproximadamente 2.5%, por lo que se asume que  $y_f=3$  y  $y_m=0$ , debido a que la política fiscal desea un producto mayor al producto potencial pues así tendrá una buena imagen como gobierno y cumplirá con su objetivo de tener un crecimiento dinámico, y la política monetaria desea un producto menor al potencial con el fin de que no existan presiones inflacionarias por el lado de la demanda y así poder llegar a su objetivo inflacionario.

Ecuaciones del modelo:

$$y = -0.0005r - 0.009g + \varepsilon$$

$$(0.00022) \quad (0.0044)$$

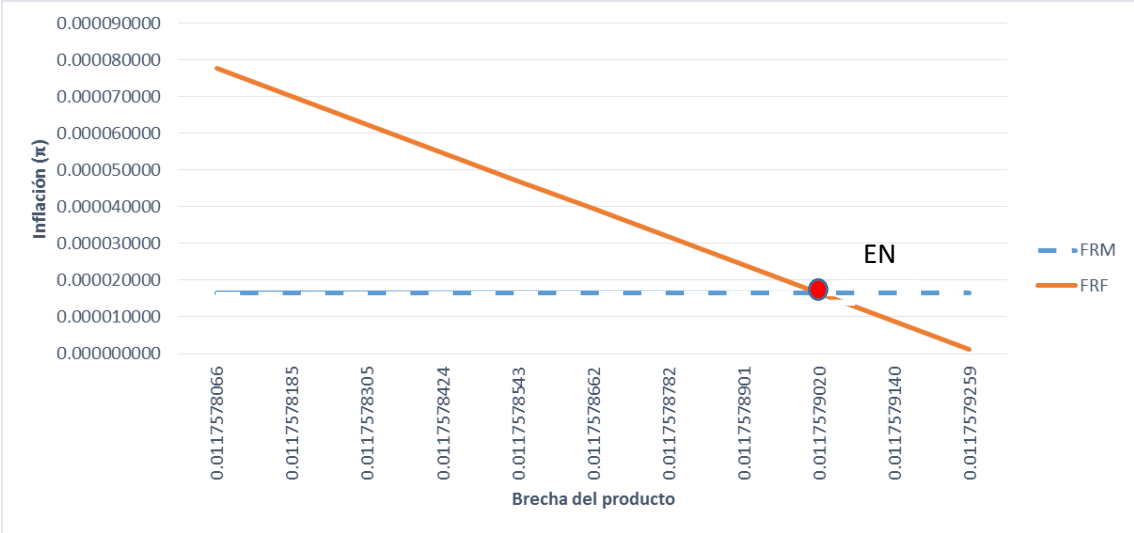
$$\pi - \pi^e = -48.9y + 0.32r + v$$

$$(27.62) \quad (0.03)$$

Después de sustituir los valores en la FRF y en la FRM se obtuvo la Gráfica 1 donde se pueden observar dichas funciones con las pendientes esperadas (Kirsanova, 2005), además el equilibrio de Nash (EN) que se obtiene cuando ambas autoridades minimizan su función de pérdida sin tomarse en cuenta y que tiene como resultado una brecha del producto ligeramente positiva de 0.012 y una inflación muy cercana a cero, esto se debe a que si la autoridad monetaria desea minimizar su función de pérdida, la brecha inflacionaria debe ser cero y para poder alcanzar ese objetivo optará por aplicar una política restrictiva que tendrá como resultado una tasa de interés de 12.49% como se muestra en la Gráfica 2, ésta gráfica muestra la función de reacción monetaria y la función de reacción fiscal pero en el plano (r,g) y muestra la tasa de interés y el gasto en el EN, dicha tasa de interés disminuirá el producto observado, la brecha del producto será negativa y no existirán presiones inflacionarias por el lado de la demanda. Por otro lado, el objetivo de la política fiscal es tener un crecimiento dinámico y, por ende, desea incrementar el producto observado por encima del potencial por lo que utiliza una política fiscal expansiva incrementando el gasto y con ello generando un

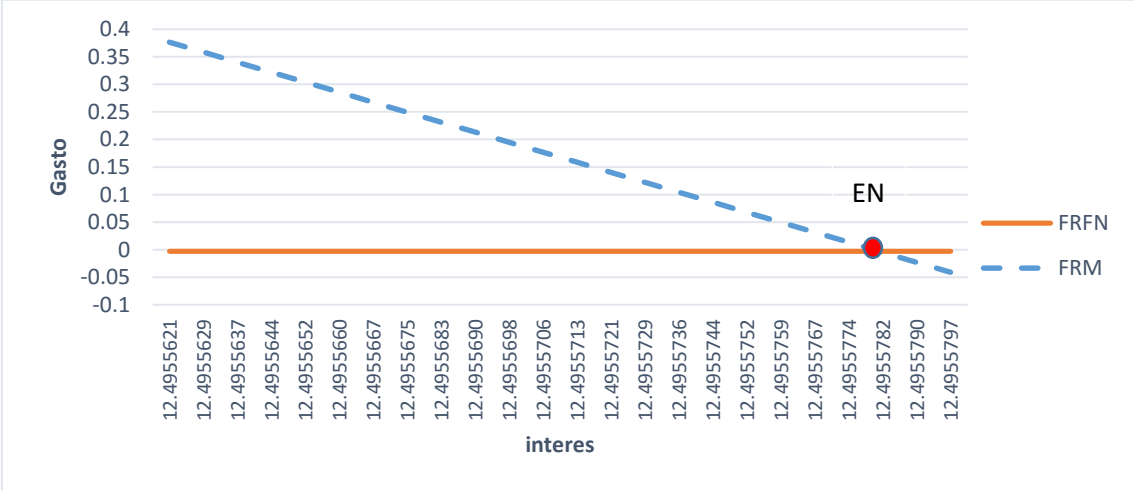
déficit como porcentaje del PIB de -0.003%, sin embargo, debido a que la política fiscal tiene un efecto muy bajo sobre la brecha del producto ésta seguirá siendo cercana a cero y los esfuerzos por incrementar el producto son en vano.

Gráfica 1: Función de reacción monetaria, fiscal y equilibrio de Nash para México



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 2: Gasto y tasa de interés en el equilibrio de Nash



Fuente: Elaboración propia

En el EN la autoridad fiscal llevará a cabo una política expansiva y la autoridad monetaria una política restrictiva, estos resultados son congruentes con los obtenidos por Sandoval & Panico (2014) quienes dando utilidades hipotéticas en una matriz de pagos llegan a los mismos resultados.

En la Tabla 4 se puede observar el valor que adquiere la función de pérdida fiscal y la función de pérdida monetaria, el valor de esta segunda es mayor debido a que el peso que le da la autoridad fiscal a las desviaciones de la brecha del producto es mayor que el peso que le da la autoridad monetaria, pues se debe recordar que  $\alpha_f > \alpha_m$ .

Tabla 4: Valor de la FPF y FPM en el equilibrio de Nash

Función de pérdida monetaria	Función de pérdida fiscal
<b>0.00087155</b>	<b>0.2391482</b>

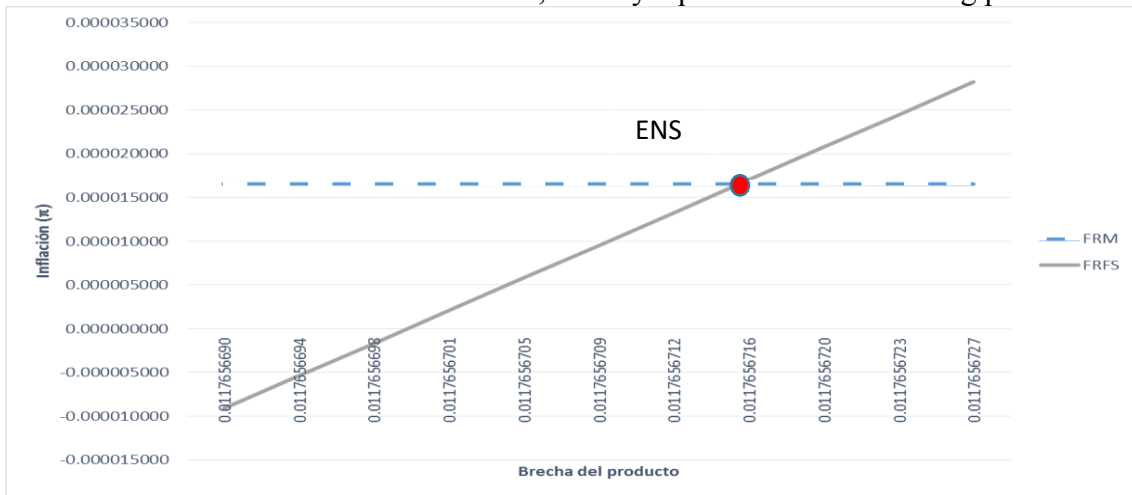
Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2. Juego dinámico con información completa y perfecta

En el juego dinámico con información completa y perfecta del tipo Stackelberg se tomó a la política fiscal como líder y a la política monetaria como seguidora, se sustituyeron los parámetros, y el resultado es similar al EN, sin embargo, el producto observado es mayor así como la inflación, esto se debe a que la política fiscal toma en cuenta la mejor respuesta de la política monetaria y sabe que si incrementa el gasto público y lleva con esto una política fiscal expansiva, la autoridad monetaria incrementará la tasa de interés con el fin de disminuir la actividad económica y con ello las presiones inflacionarias. En este caso se tendrá una tasa de interés ligeramente menor y un gasto público muy bajo que tendrá como resultado un superávit de 0.21% como porcentaje del PIB, esto sucede porque la autoridad fiscal al prever la respuesta de la autoridad monetaria decide no incurrir en grandes déficits y al ser la tasa de interés más baja entonces el consumo e inversión privado incrementan.

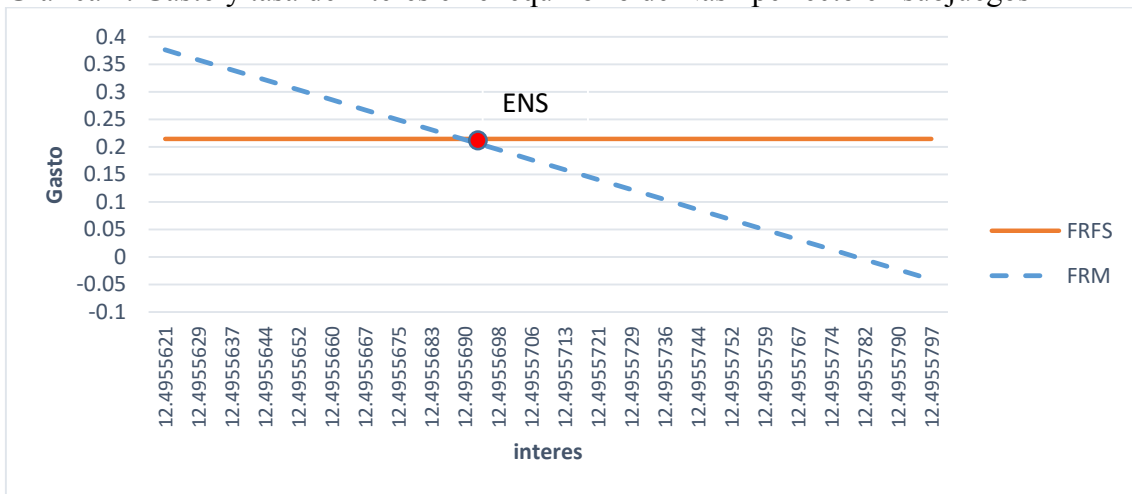
En la Gráfica 3 se puede observar la función de reacción monetaria y la función de reacción fiscal Stackelberg en el espacio  $(y, \pi)$ , ambas tienen las pendientes esperadas, además el equilibrio de Nash perfecto en subjuegos (ENS) se obtiene cuando ambas funciones son iguales, dicho equilibrio arroja una inflación prácticamente de cero, pero mayor a la inflación en el EN, y una brecha del producto positiva. En la Gráfica 4 se puede observar la FRM y la FRMS pero en el espacio  $(r, g)$ , en este caso el ENS arroja un superávit de 0.21% y una tasa de interés de 12.49%.

Gráfica 3: Función de reacción monetaria, fiscal y equilibrio de Stackelberg para México



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4: Gasto y tasa de interés en el equilibrio de Nash perfecto en subjugos



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5 se pueden observar los valores que adquieren las funciones de pérdida en el ENS, es decir en el equilibrio de Stackelberg, se puede observar que ambas autoridades están en una mejor situación cuando la política fiscal es líder, esto se debe a que el gasto público al ser prácticamente cero no afecta la función de pérdida de ninguna autoridad y aunque existe un incremento en la inflación, este es muy pequeño.

Tabla 5: Valores de la FPF y FPM en el Equilibrio de Stackelberg

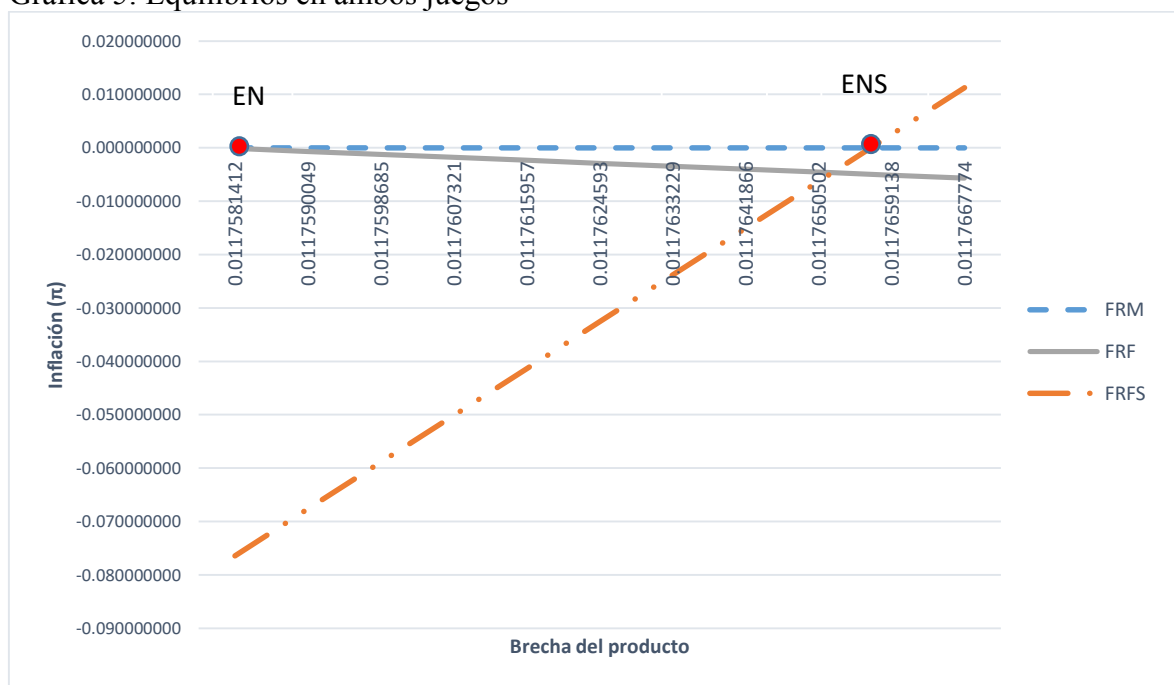
Función de pérdida monetaria	Función de pérdida fiscal
<b>-0.05359463</b>	<b>0.1846743</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.3. Comparación de resultados.

En este apartado se compararan los resultados obtenidos en el juego estático y en el juego dinámico, en la Gráfica 5 se puede observar la FRM, la FRF y la FRFS, además el EN obtenido en el juego estático y el ENS obtenido en el juego dinámico. Y lo primero que podemos destacar es que el equilibrio de Nash perfecto en subjuegos arroja una inflación más alta que el equilibrio de Nash, aunque la diferencia no es mucha.

Gráfica 5: Equilibrios en ambos juegos

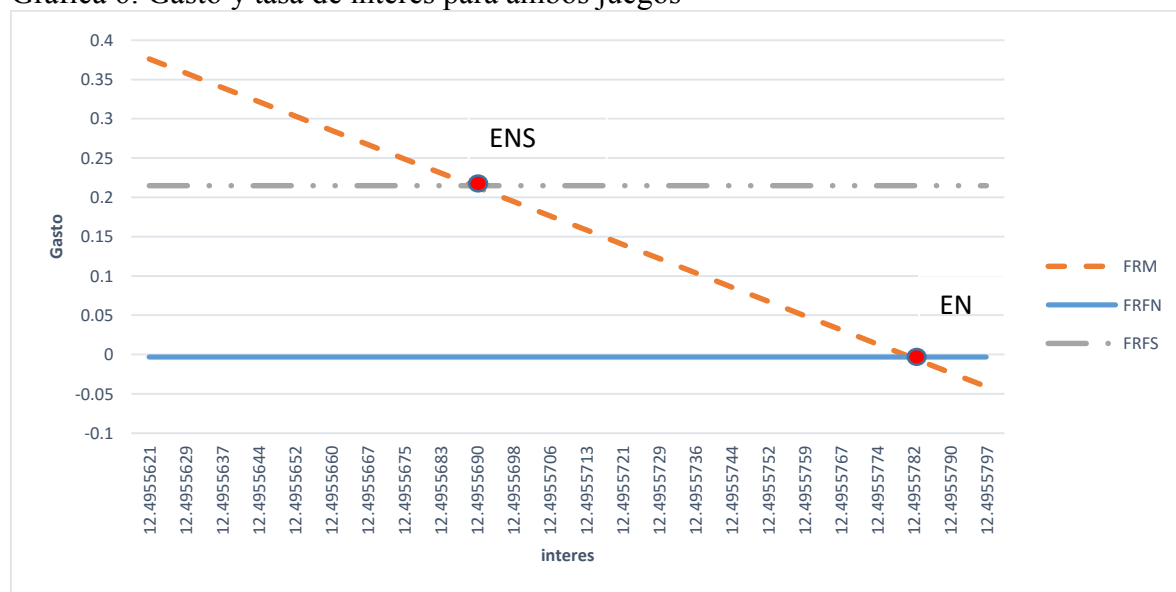


Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 6 se puede observar que la tasa de interés puesta en marcha por la autoridad monetaria es menor en el ENS que en el EN obtenido en el juego estático, esto se debe a que en el EN la autoridad fiscal con el fin de llegar a su objetivo e impulsar el producto observado incrementa el gasto e incurre en un déficit, sin embargo, la autoridad monetaria también

puede hacer ese razonamiento sobre el comportamiento de la autoridad fiscal por lo que incrementa la tasa de interés y ese incremento disminuye directamente la inflación e indirectamente por el lado de la demanda pues disminuye el producto observado disminuyendo el consumo e inversión por lo que la inflación de equilibrio es menor. Por otro lado, en el ENS cuando la política fiscal es líder conoce la mejor respuesta de la autoridad monetaria y sabe que si intenta incrementar el producto incrementando el gasto la autoridad monetaria incrementará la tasa de interés para disminuir la inflación proveniente del lado de la demanda, y además conoce que si incrementa el gasto público solo tendrá un leve efecto en el producto, por lo cual decide mantener finanzas públicas sanas y se observa un superávit. Ante esto la autoridad monetaria mantiene una tasa de interés menor, lo cual afecta en menor medida a la demanda y de hecho puede incentivar el consumo e inversión indirectamente.

Gráfica 6: Gasto y tasa de interés para ambos juegos



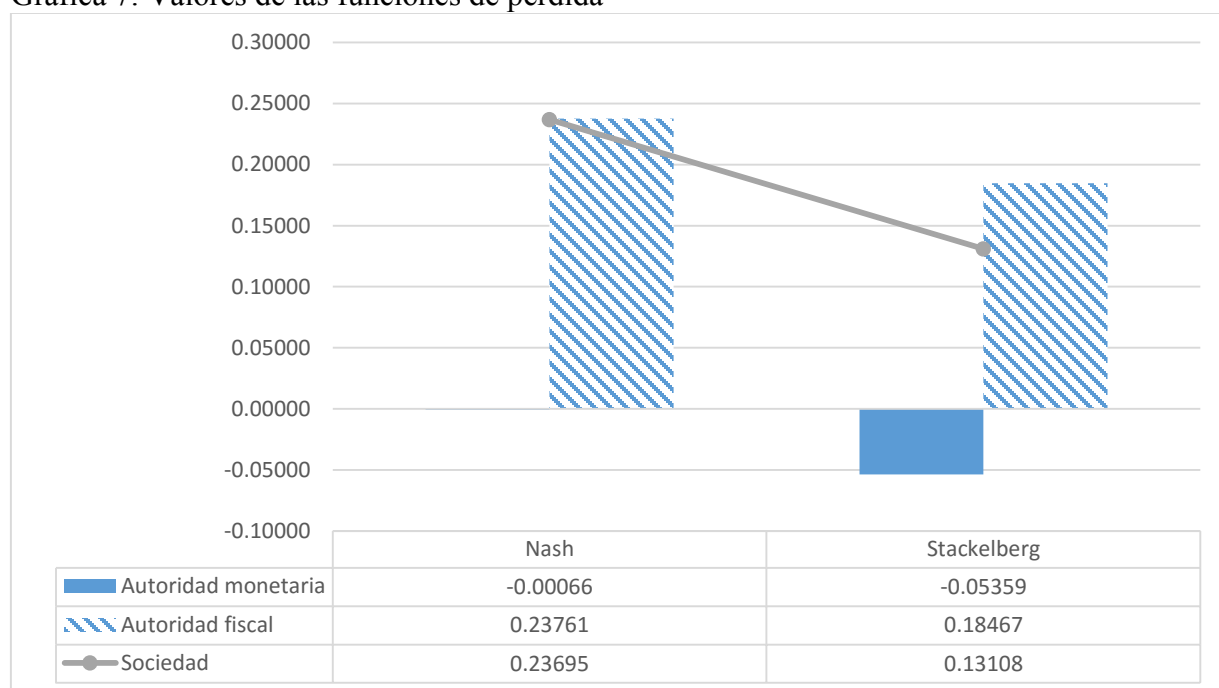
Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 7 se puede observar el valor que obtiene la función de pérdida de la autoridad fiscal, de la autoridad monetaria y la función de pérdida de la sociedad la cual simplemente es la suma de las dos anteriores (Saulo, Rêgo, & Divino, 2010), y se puede observar claramente que tanto individualmente, como en conjunto para la sociedad, la pérdida es menor en el equilibrio de Nash perfecto en subjugos que en el equilibrio de Nash, lo cual indica que cuando ambas autoridades minimizan su función de pérdida individualmente sin

tomarse en cuenta los resultados para la sociedad son peores que cuando ambas autoridades se toman en cuenta e interactúan a la Stackelberg con la política fiscal como líder y la política monetaria como seguidora.

Esto se debe a que en el equilibrio de Nash perfecto en subjuegos, el bajo gasto público genera un superávit, por lo que las finanzas públicas sanas crean un ambiente de estabilidad, además se tendrá una inflación baja al igual que una tasa de interés baja por lo que el consumo y la inversión se verán beneficiados.

Gráfica 7: Valores de las funciones de pérdida



Fuente: Elaboración propia



## Conclusiones.

En este capítulo se presentó el modelo de Dixit y Lambertini así como las modificaciones realizadas por Kirsanova las cuales fueron de suma importancia para construir un modelo estático más robusto y congruente con los resultados de un modelo dinámico. Se desarrolló el modelo y se planteó un juego estático con información completa donde se obtuvieron las mejores respuestas de ambos jugadores para un caso general, posteriormente se planteó un juego dinámico con información completa del tipo Stackelberg donde la política fiscal es líder y la política monetaria seguidora, se obtuvieron las mejores respuestas para ambos jugadores para un caso general y a continuación se analizó para el caso de México, se sustituyeron los parámetros y se analizaron los resultados del equilibrio de Nash y del equilibrio de Nash perfecto en subjuegos poniendo énfasis en la función de pérdida de cada autoridad así como en la función de la sociedad. Dichos equilibrios arrojaron diferentes resultados en la inflación, producto, la tasa de interés y el gasto público.

El principal resultado es que cuando se juega un juego dinámico con información completa con la política fiscal como líder y la política monetaria como seguidora las funciones de pérdida adquieren un valor menor que cuando se juega un juego estático, es decir, cuando existe interacción entre ambas autoridades la pérdida es menor que cuando cada autoridad minimiza su función de pérdida sin que exista interacción alguna. Además, en el equilibrio de Nash perfecto en sub juegos la tasa de interés es menor, el producto es mayor y el equilibrio fiscal arroja un superávit.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se puede observar que existe evidencia estadística para aceptar la hipótesis planteada al inicio de este trabajo, pues cuando la autoridad fiscal y la autoridad monetaria deciden minimizar su función de pérdida sin tomarse en cuenta, es decir jugando un juego estático con información completa, la pérdida de la sociedad, así como la de cada autoridad, es mayor en comparación a cuando ambas autoridades deciden tomarse en cuenta jugando un juego dinámico con información completa con la política fiscal como líder y la política monetaria como seguidora.

A pesar de que la constante en cada PND que se presenta sea un crecimiento dinámico, este no se ha logrado, y no se ha logrado porque el efecto de la política fiscal al producto es muy bajo (Cermeño & Villagómez, 2012) (Martínez, Caamal, & Ávila, 2011), incluso Martínez, Caamal & Ávila sugieren que el producto de EEUU tiene un mayor efecto positivo sobre el PIB nacional que la propia política fiscal.

Se pueden observar principalmente dos periodos donde ambas políticas se coordinan explícitamente, en 1994-5, y en 2008-2009, en ambos casos lo hicieron para disminuir los efectos de choques exógenos y graves crisis. Sin embargo, la interacción que domina es una en cual la política fiscal trata de tener unas finanzas públicas sanas y la política monetaria intenta llegar a su objetivo inflacionario, o al menos así fue en el periodo 2004-2008 donde el balance presupuestario como porcentaje del PIB en promedio fue de -0.04, la tasa de interés en promedio fue de 7.9%, se tuvo una inflación de 4.6% y un crecimiento promedio del PIB de 3.3% Por otro lado en el periodo 2009-2014 el balance presupuestario como porcentaje del PIB fue de -2.63%, la tasa de interés promedio fue de 4%, la inflación de 3.9% y un crecimiento promedio del PIB de 2.0%. Se podría inferir entonces que en el periodo 2004-2008 se tuvo una interacción del tipo Stackelberg donde la política fiscal fue líder y la política monetaria seguidora congruente con lo expuesto en este trabajo, por otro lado en el periodo 2009-2014 se puede inferir que no hubo una interacción por parte de las autoridades y se jugó un juego estático pues hubo un gran déficit, una inflación mayor y un producto menor. Como

se mostró con anterioridad; un equilibrio de Nash tiene peores resultados para la sociedad que un equilibrio de Nash perfecto en subjuegos.

En el modelo presentado, los mejores resultados para la sociedad se obtienen cuando la política fiscal es líder y la política monetaria es seguidora, e incluso si se analizan las variables como en el párrafo anterior, se puede ver que cuando la política fiscal incurre en grandes déficits el producto observado es menor en comparación a cuando lleva finanzas públicas sanas, esto se puede deber a que la inversión pública desplaza a la inversión privada, a que el gasto público se utiliza para gasto corriente y/o a que grandes déficits pueden crear un ambiente de incertidumbre postergando la inversión.

Por los resultados obtenidos y por los datos observados en la economía mexicana, se propone que la autoridad fiscal y la autoridad monetaria jueguen un juego dinámico con información completa del tipo Stackelberg en el que la autoridad fiscal sea líder y la autoridad monetaria sea seguidora, es decir, que la política fiscal mantenga unas finanzas públicas sanas y con déficits muy pequeños o incluso superávits y que la política monetaria implemente una política levemente expansiva con el fin de disminuir la tasa de interés e incrementar, en el grado que sea posible, el producto, pues aunque a primera instancia impulsar el producto está fuera de su objetivo, ante una brecha del producto negativa no existirían presiones inflacionarias.

## BIBLIOGRAFÍA

- Almeida, F. (2000). John Von Neumann: Un matemático generalista. *Números*(43-44), 275-280.
- Banco de México. (1993). *Ley del Banco de México*. Obtenido de <http://www.banxico.org.mx/disposiciones/marco-juridico/ley-del-banco-de-mexico/%7B6A70B07F-127A-0079-220C-83843B089097%7D.pdf>
- Banco de México. (1996). La conducción de la política monetaria del Banco de México a través del Régimen de saldos acumulados.
- Banco de México. (2001). Informe sobre la inflación Octubre - Diciembre 2000 y Programa Monetario para 2001.
- Banco de México. (2004). *Informe anual 2003*.
- Banco de México. (2005). *Informe anual 2004*.
- Banco de México. (Enero de 2008). *Informe sobre la inflación Octubre-Diciembre 2007 y programa monetario 2008*. Obtenido de <http://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/publicaciones/informes-periodicos/politica-monetaria-prog-anual/%7BA8571278-CB7A-8305-1E22-9FFF73521159%7D.pdf>
- Banco de México. (2010). Informe anual 2009.
- Banco de Mexico. (s.f.). *Banco de México*. Obtenido de Semblanza histórica: <http://www.banxico.org.mx/acerca-del-banco-de-mexico/semblanza-historica.html#esf>
- Banxico. (16 de Junio de 2008). *Banxico*. Obtenido de <http://www.banxico.org.mx/politica-monetaria-e-inflacion/material-de-referencia/intermedio/politica-monetaria/%7B3C1A08B1-FD93-0931-44F8-96F5950FC926%7D.pdf>
- Blanchard, O. (2006). *Macroeconomía* (cuarta ed.). PEARSON EDUCACIÓN.
- Blinder, A. S. (1982). Issues in the Coordination of Monetary and Fiscal Policy. *NBER Working Paper No. 982*.
- Cermeño, R., & Villagómez, A. (2012). Monetary policy rules in a small open economy: An application to México. *Journal of applied economics*, XV(2), 259-286.
- Clavijo, F., & Valdivieso, S. (2000). Reformas estructurales y política macroeconómica: El caso de México 1982-1999.

- Contreras, H. (2007). La política macroeconómica de Felipe Calderón. *Economía Informa*(344).
- Contreras, H. (Noviembre-Diciembre de 2014). México: 2010-2014: Mala política monetaria en la post-crisis. *Economía Informa*(389), 77-84.
- Cruz, M., & Lapa, J. (2012). Crisis y recuperación económica: El papel de la política fiscal. *Problemas del desarrollo*, 168(43).
- Dixit, A., & Lambertini, L. (2000). *Fiscal discretion destroys monetary commitment*. Obtenido de SSRN 232654
- Dornbusch, R., & Fischer, S. (2004). *Macroeconomía* (10 ed.). Mc Graw Hill.
- Flood, M. (Junio de 1952). *Some experimental games*. Obtenido de Rand corporation: [https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research\\_memoranda/2008/RM789-1.pdf](https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_memoranda/2008/RM789-1.pdf)
- Friedman, M. (1960). *A program for monetary stability*. New York: Fordham University Press.
- Friedman, M. (March de 1968). The role of monetary policy. *American Economic Review*, 1-17.
- Galán, J. (Septiembre-Octubre de 2014). El enfoque de las reglas fiscales ante la discrecionalidad de la política pública. *Economía informa*(388), 50-67.
- Gibbons, R. (1993). *Un primer curso de teoría de juegos* (primera ed.). Antoni Bosch editores.
- Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría* (Quinta ed.). Mc Graw Hill.
- Hall, R., & Taylor, J. B. (1992). *Macroeconomía* (Tercera ed.). Antoni Bosch Editor.
- HR ratings. (Junio de 2010). *México y el manejo de la política fiscal. Política fiscal 2009: Aciertos y limitaciones*. Obtenido de HR Ratings: <http://www.hrratings.com/pdf/M%C3%A9xico%20y%20el%20manejo%20de%20la%20Pol%C3%ADtica%20Fiscal.pdf>
- Kirsanota, T., & Fragetta, M. (2010). Strategic monetary and fiscal policy interactions: An empirical investigation. *European economic review*(54), 855-879.
- Kirsanova, T. (2005). The Interactions between fiscal policy and monetary policy. *Oxford Review of Economic Policy*, 21(4).

- Kuhn, H. (1950). Extensive games. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 36(10), 570.
- Kuhn, H. (2003). Lectures on the theory of games. *Princeton university press*, 37.
- Kydland, F., & Prescott, E. (1977). Rules rather than discretion: The time inconsistency of optimal plans. *Journal of political economy*, 473-492.
- Lambertini, L., & Rovelli, R. (2003). Monetary and fiscal policy coordination and macroeconomic stabilization. A theoretical analysis. *A Theoretical Analysis*.
- Libich, J. (2014). Monetary and Fiscal Policy Interaction with Various Degrees of Commitment. *Finance a uver*, 64(1).
- Martínez, D., Caamal, I., & Ávila, J. (2011). La política fiscal y el crecimiento económico en México. *Textual*(57).
- Mas-Colell, A., & Green, J. (1995). *Microeconomic Theory*. Oxford university press, New york.
- Merzlyakov, S. (2012). Strategic interaction between fiscal and monetary policies in an export-oriented economy. *Panoeconomicus*, 59(2), 201-216.
- Mishkin, F. S. (2004). Can inflation targeting work in emerging market countries? *National Bureau of Economic Research*.(No. w10646).
- Monsalve, S. (2003). John Nash y la teoría de juegos. *Lecturas Matemáticas*, 24, 137-149.
- Nash, J. F. (1950). Equilibrium points in n-person games. *Proc. Nat. Acad. Sci*, 36(1), 48-49.
- Nash, J. F. (1951). Non-cooperative games. *Annals of mathematics*, 286-295.
- Neumann, V., & Morgestern, O. (1944). *La teoría de los juegos y el comportamiento económico*. Obtenido de [http://economica.econo.unlp.edu.ar/documentos/20090413123839PM\\_Economica\\_13.pdf](http://economica.econo.unlp.edu.ar/documentos/20090413123839PM_Economica_13.pdf)
- Plan nacional de desarrollo 1995-2000. (30 de Mayo de 1995). *Plan nacional de desarrollo 1995-2000*. Obtenido de <http://zedillo.presidencia.gob.mx/pages/pnd.pdf>
- Ricart, J. (1988). Una introducción a la teoría de juegos. *IESE Business School-Universidad de Navarra, DI-138*.
- Rivera, A. (2012). *El colegio de la frontera*. Obtenido de <http://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2014/03/Tesis-completa-Rivera-Franco-Ana-Belia.pdf>

- Rodriguez, R., Mendoza, J., & Romo, E. (2014). La política fiscal y monetaria en Colombia: Un análisis experimental desde la toma coordinada de decisiones. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas Universidad de Nariño*, 15(1), 145-172.
- Sánchez, I. (29 de Agosto de 2011). *Asuntos capitales*. Obtenido de <http://www.asuntoscapitales.com/>
- Sandoval, K., & Panico, C. (2014). Coordinación de la política fiscal y la política monetaria en México : buscando el mecanismo adecuado.
- Sargent, T., & Wallace, N. (1981). Some Unpleasant Monetarist Arithmetic. *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review*, 1-17.
- Saulo, H., Rêgo, L., & Divino, J. (2010). Fiscal and Monetary Policy Interactions: a Game Theoretical. *Annals of Operations Research*, 206(1), 341-366.
- Schaechter, A., Kinda, T., Budina, N., & Weber, A. (2012). Fiscal rules in response to the crisis: Toward the "next-generation" rules. A new data base. *Working paper WP/12/187, International Monetary Fund, Washington*.
- Secretaria de Hacienda y Crédito Público. (2006). Criterios generales de política económica para 2007.
- Secretaria de Hacienda y Crédito Público. (2007). Criterios generales de política económica para 2008.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público. (2012). *Memorias 2006-2012*. Obtenido de [http://www.hacienda.gob.mx/LASHCP/Publicaciones/credito/memorias\\_shcp\\_2006\\_2012.pdf](http://www.hacienda.gob.mx/LASHCP/Publicaciones/credito/memorias_shcp_2006_2012.pdf)
- Secretaria de programación y presupuesto. (1983). *Plan nacional de desarrollo 1983-1988\**. Obtenido de <http://www.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/rap/cont/55/doc/doc8.pdf>
- Secretaria de programación y presupuesto. (1995). Plan nacional de desarrollo 1995-2000.
- Selten, R. (1994). *Multistage game models and delay*. Obtenido de Nobel prize: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/economic-sciences/laureates/1994/selten-lecture.pdf](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/economic-sciences/laureates/1994/selten-lecture.pdf)
- Solorza, M. L. (2010). Programas monetarios y fiscales anti-crisis en América Latina. Más ajuste, menos crecimiento. *Economía Informa*(362), 72-92.

- Svensson, L. (1997). Inflation Forecast targeting: Implementing and monitoring inflation targets. *European economic review*, 41(6), 1111-1146.
- Taylor, J. (1993). discretion versus policy rules in practice. *Carnegie-Rochester conference series on public policy*, 39, pp. 195-214. North-Holland.
- Tucker, A. (1983). The Mathematics of Tucker: A Sampler. *The Two-Year College Mathematics Journal*, 14(3), 228-232.
- Van Damme, E., & Weibull, J. (1995). Equilibrium in strategic interaction: The contributions of John C. Harsanyi, John F. Nash and Reinhard Selten. *Scand J. of Economics*, 97(1), 15-40.
- Walsh, C. (2003). *Monetary theory and policy*. Cambridge: MA: The MIT Press.
- Wooldridge, J. (2001). *Introducción a la econometría: Un enfoque moderno* (4ta ed.).



## ANEXO

En este anexo se mostrará cómo se obtuvieron los parámetros del modelo.

El modelo es representado por las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1

$$y = -\sigma r + \delta g + \varepsilon$$

y= Brecha del producto

r= Tasa de interés

g= Gasto de gobierno

$\varepsilon$ = Choque aleatorio

Ecuación 2

$$\pi = \pi^e + \omega y - \xi r + \nu$$

$\pi$ = Inflación

$\pi^e$ = Inflación esperada

y= Brecha del producto

r= Tasa de interés

Estas ecuaciones son simultáneas dado que la variable dependiente en la ecuación 1 es una variable independiente en la ecuación 2, por lo cual, si se calcularan los parámetros con mínimos cuadrados ordinarios (MCO) estos serían sesgados e inconsistentes (Gujarati & Porter, 2010).

Para conocer que método es el adecuado debe conocerse el orden y rango de identificación de las ecuaciones, y se hizo mediante este sencillo procedimiento.

$$K - k \geq m - 1$$

M= número de variables endógenas en el modelo

m= número de variables endógenas en una ecuación dada

K= número de variables predeterminadas o exógenas en el modelo

k= número de variables predeterminadas o exógenas en una ecuación dada.

En el sistema de ecuaciones simultáneas se tienen 2 variables endógenas y tres variables exógenas: los dos instrumentos de política y la inflación esperada (Kirsanova, 2005)

Para la ecuación 1 se tienen 2 variables exógenas y una endógena, sustituyendo los valores se tiene que:

$$3 - 2 \geq 1 - 1$$

$$1 > 0$$

En este caso, la ecuación 1 está sobre identificada.

Para la ecuación 2 se tienen 2 variables exógenas y 2 endógena, sustituyendo los valores se tiene que:

$$3 - 2 \geq 2 - 1$$

$$1 = 1$$

En este caso, la ecuación 2 está exactamente identificada.

Conociendo esta información el sistema de ecuaciones simultáneas se puede resolver mediante el proceso de mínimos cuadrados de 2 etapas (MC2E) (Gujarati & Porter, 2010) (Wooldridge, 2001)

Los datos utilizados para calcular los parámetros del modelo fueron los siguientes: se utilizó la tasa de interés real de CETES a 28 días (*inter*). Para representar el producto se utilizó el logaritmo del producto interno bruto (PIB) a precios de 2010, el producto potencial se calculó a partir de un filtro Hodrick-Prescott de la serie en logaritmo, y la brecha del producto (*bre*) simplemente se calculó como la diferencia de ambas series. Para la inflación se utilizó el componente subyacente del índice nacional de precios al consumidor (INPC) como variación mensual interanual (*pi*), pues esta inflación subyacente refleja mejor los efectos de incrementos en la demanda agregada (Cermeño & Villagómez, 2012). Y por último se utilizó el déficit primario como porcentaje del PIB potencial para reflejar la política fiscal (*gas3*).

Por lo tanto, las ecuaciones quedaron especificadas de la siguiente forma:

Ecuación DA

$$bre = -\sigma inter + \delta gas3 + \varepsilon$$

Ecuación OA

$$pi = l.pi + \omega bre - \xi inter + v$$

Figura 14: Resultados de la regresión

Equation	Obs	Parms	RMSE	"R-sq"	F-Stat	P
DA	83	2	.0327163	0.0727	3.17	0.0445
OA	83	3	2.049639	0.9786	1218.67	0.0000

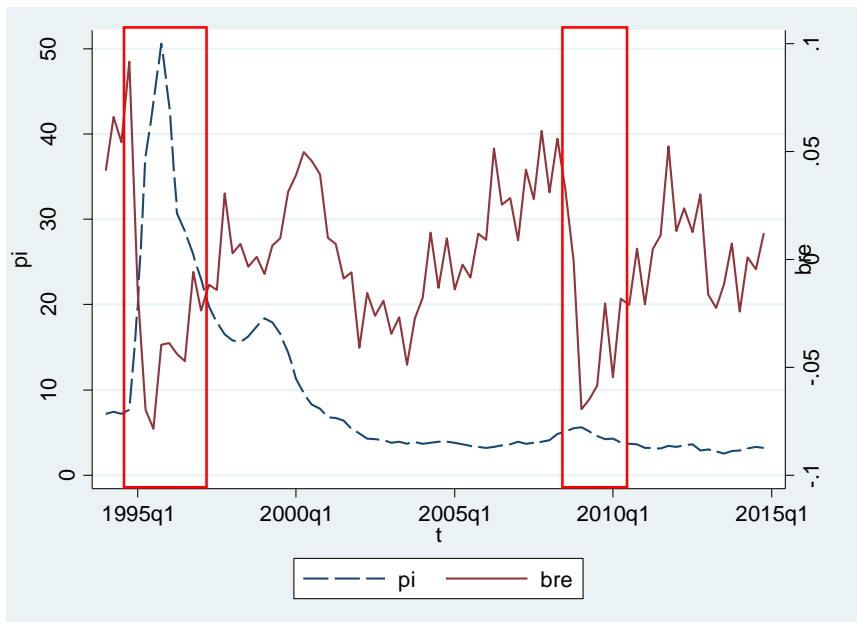
	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[90% Conf. Interval]
DA					
inter	-.0004559	.0002272	-2.01	0.046	-.0008317    -.00008
gas3	-.0095823	.004487	-2.14	0.034	-.0170055    -.0021591
OA					
pi					
L1.	.6035116	.0467722	12.90	0.000	.526133    .6808902
inter	.3162474	.0317262	9.97	0.000	.2637605    .3687343
bre	-48.84268	27.6252	-1.77	0.079	-94.54506    -3.140297

Endogenous variables: bre pi  
 Exogenous variables: inter gas3 L.pi

Fuente: Elaboración propia utilizando el software STATA 11

En la Figura 14 se pueden observar los resultados de la regresión realizada por mínimos cuadrados de dos etapas, se puede observar en la parte inferior las variables endógenas y las variables exógenas. En la ecuación DA se puede observar que los parámetros son lineales, y, dado que la probabilidad de p es menor a 0.05, los parámetros son estadísticamente significativos (Gujarati & Porter, 2010) (Wooldridge, 2001). Por otro lado en la ecuación OA se puede observar que la inflación esperada y la tasa de interés son estadísticamente significativos, sin embargo, la brecha del producto es estadísticamente no significativa y esto se puede deber a que en nuestro periodo de análisis hubo dos grandes crisis, en la primera de ellas, la brecha del producto fue muy grande y negativa, sin embargo, la inflación se incrementó en demasía, y en la segunda la brecha del producto fue muy grande y negativa, y en ese caso la inflación bajó levemente como se puede observar en la Figura 15.

Figura 15: Brecha del producto e inflación en México 1994-2014



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

Wooldridge (2001) propone los siguientes supuestos para MC2E, y menciona que de cumplirse, los parámetros calculados serán consistentes e insesgados:

1. Linealidad en los parámetros
2. Condición de rango (La condición de rango se mantiene. No existen relaciones lineales perfectas entre las variables instrumentales.)
3. Variables instrumentales exógenas
4. Homocedasticidad
5. No correlación serial

El supuesto 1 se cumple, dado que por la construcción de nuestro modelo, los parámetros son desconocidos pero constantes y el término de error es inobservable y aleatorio.

La primera parte del supuesto 2 se demostró con anterioridad, y se observó que la condición de rango se cumple, la segunda parte del supuesto 2 es que no existe relación lineal perfecta entre las variables instrumentales y como se puede observar en la Figura 16, esta parte del supuesto también se cumple, pues no existe correlación entre las variables instrumentales.

Figura 16: Correlación de Pearson entre las variables instrumentales

	<b>inter</b>	<b>gas3</b>
<b>inter</b>	1.0000	
<b>gas3</b>	0.0064	1.0000

Fuente: Elaboración propia con el software STATA 11

El supuesto 3 hace mención que el error tiene media cero y que existe independencia de las variables instrumentales con el término de error. En la Figura 17 se puede observar que los errores del modelo tiene una media que tiende a cero, cumpliendo la primera parte del supuesto, y en la Figura 18 se puede observar la regresión por MCO del término de error respecto de las variables instrumentales y se puede observar que no existe una relación, y por ende, hay independencia de dichos instrumentos respecto del término de error, cumpliendo así con la segunda parte del supuesto.

Figura 17: Descripción del término u

<b>Variable</b>	<b>Obs</b>	<b>Mean</b>	<b>Std. Dev.</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
<b>u</b>	84	.0017625	.0326584	-.0704853	.0949115

Fuente: Elaboración propia con el software STATA 11

Figura 18: Regresión del término de error respecto a las variables instrumentales

<b>Source</b>	<b>SS</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>			
<b>Model</b>	.000254705	2	.000127352	<b>Number of obs = 84</b>		
<b>Residual</b>	.088270669	81	.001089761	<b>F( 2, 81) = 0.12</b>		
<b>Total</b>	.088525373	83	.001066571	<b>Prob &gt; F = 0.8899</b>		
				<b>R-squared = 0.0029</b>		
				<b>Adj R-squared = -0.0217</b>		
				<b>Root MSE = .03301</b>		
<b>u</b>	<b>Coef.</b>	<b>Std. Err.</b>	<b>t</b>	<b>P&gt; t </b>	<b>[95% Conf. Interval]</b>	
<b>inter</b>	-.0001289	.0003187	-0.40	0.687	-.000763	.0005052
<b>gas3</b>	.0012931	.0048323	0.27	0.790	-.0083216	.0109079
<b>_cons</b>	.0039009	.005729	0.68	0.498	-.0074979	.0152997

Fuente: Elaboración propia con el software STATA 11

El supuesto 4 hace mención que debe existir homocedasticidad y Wooldridge (2001, pág. 531) menciona que una prueba para la heterocedasticidad es regresar los errores de MC2E respecto de todas las variables exógenas y “La hipótesis nula de homocedasticidad se rechaza si las Z son conjuntamente significativas”. En la Figura 19 se puede observar la regresión realizada a los errores obtenidos de la regresión de MC2E respecto de todas las variables exógenas, y se puede observar que la prueba F es mayor a 0.05, y por ende, no hay datos estadísticos para rechazar la hipótesis nula. Por lo cual, se puede concluir que no hay evidencia de que exista heterocedasticidad.

Figura 19: Prueba de Heterocedasticidad

Source	SS	df	MS			
Model	25.1721587	3	8.39071957	Number of obs =	83	
Residual	301.623577	79	3.81801996	F( 3, 79) =	2.20	
				Prob > F =	0.0949	
				R-squared =	0.0770	
				Adj R-squared =	0.0420	
Total	326.795736	82	3.98531385	Root MSE =	1.954	

u1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
inter	.027581	.0293399	0.94	0.350	-.0308187	.0859806
gas3	-.544844	.2865731	-1.90	0.061	-1.115254	.0255654
pi						
l1.	.0074173	.0328779	0.23	0.822	-.0580244	.0728591
_cons	-.974441	.3420694	-2.85	0.006	-1.655313	-.2935688

Fuente: Elaboración propia utilizando el software STATA 11

El supuesto 5 no se cumple debido a que existe cierta correlación serial, sin embargo, Wooldridge (2001) menciona que “la correlación positiva entre errores adyacentes es común, en especial en modelos estáticos y con rezagos distribuidos finitos. Esto provoca que los errores estándar de MCO y los estadísticos usuales induzcan a errores (aunque [los estimadores] pueden seguir siendo insesgados, o al menos consistentes).”.

Especialmente en los modelos de mínimos cuadrados de 2 etapas, Wooldridge (2001) hace énfasis en que si se cumplen los primeros 4 supuestos entonces los estimadores de MC2E son consistentes e insesgados, por lo que los parámetros calculados en este anexo son consistentes e insesgados. N