



EL COLEGIO DE MÉXICO

CENTRO DE ESTUDIOS ECONÓMICOS

MAESTRÍA EN ECONOMÍA

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN ECONOMÍA

EFFECTOS CLIENTELA Y TASAS DE INTERÉS EN EL MERCADO DE BONOS DEL GOBIERNO MEXICANO

ANA KAREN ROLDÁN CONTRERAS

PROMOCIÓN 2011-2013

ASESOR:

JOSÉ MIGUEL TORRES GONZÁLEZ

JUNIO DE 2013

“Nothing is so firmly believed, as that about which we least know.”

Michel de Montaigne

EL COLEGIO DE MÉXICO

Resumen

Centro de Estudios Económicos

Maestría en Economía

Efectos clientela y tasas de interés en el mercado de bonos del Gobierno Mexicano

por Ana Karen ROLDÁN CONTRERAS

Este trabajo estudia al mercado de bonos Mexicano a través de la perspectiva de la Teoría de estructura temporal, “Hábitat preferido”. Analizamos como la demanda o la oferta de clientes con preferencia por una temporalidad en específico, afecta las tasas de interés y de rendimiento del mercado de bonos. Para cumplir la teoría del Hábitat Preferido el modelo empírico construye 4 proposiciones a probar: 1. Un choque de oferta de bonos tiene un efecto positivo en las tasas de interés. 2. Un choque de oferta de bonos tiene un efecto positivo en las tasas de rendimientos y este efecto es creciente en temporalidad. 3. Las tasas de rendimiento tienen una reacción mayor a los choques de oferta que las tasas de interés. 4. Los choques de oferta y/o demanda son absorbidos por los clientes arbitrajistas, estos choques afectan a la estructura temporal dado que la aversión al riesgo de los arbitrajistas hace que ellos exijan una prima por absorber el choque.

Consistente con la teoría, en el mercado mexicano encontramos un efecto positivo sobre las tasas de interés. Para las tasas de rendimiento, se encontró un efecto positivo pero decreciente en la temporalidad. El efecto para las tasas de rendimiento, en promedio, fue mayor que para las tasas de interés, sin embargo, algunas temporalidades no lo cumplen. La última proposición liga la aversión al riesgo de los arbitrajistas para los bonos de muy largo plazo, en los resultados no encontramos evidencia suficiente para mostrar existencia de dicha aversión al riesgo, probablemente a causa de que los bonos de muy largo plazo tienen relativamente poco tiempo en circulación.

Índice general

Resumen	II
Índice de figuras	V
Índice de cuadros	VI
Abreviaciones	VII
1. Introducción	1
2. Revisión de la Literatura	4
2.1. Explicaciones teóricas de la estructura temporal de tasas.	4
2.1.1. Hipótesis de expectativas	5
2.1.2. Preferencia por Liquidez	5
2.1.3. Teoría de la segmentación del mercado.- Hábitat Preferido	6
2.2. Avances sobre Hábitat Preferido	7
2.2.1. Reforma de Legislación de Pensiones de 2004 Reino Unido	7
2.2.2. Compra de bonos del Tesoro 2000-2001 Estados Unidos de América	9
3. El mercado de Bonos Mexicano	10
3.1. Un poco de historia	10
3.1.1. Bonos M	12
3.1.2. Cetes	14
3.2. ¿Por qué el Mercado de Bonos Mexicano podría reflejar el comportamiento del Hábitat preferido?	16
4. Predicciones Teóricas	19
4.1. Modelo	19
4.2. Equilibrio de la Estructura temporal	22
4.3. Efectos de oferta de bonos	23
5. Datos	27
5.1. Estructura de deuda y medida de oferta disponible	27
5.2. Tasas de interés y tasas de retorno	33
6. Resultados	36
6.1. Hipótesis 1	36
6.2. Hipótesis 2	40

6.3. Hipótesis 3	44
6.4. Hipótesis 4	46
7. Conclusión	53
8. Bibliografía	55
A. Tablas y gráficas	59
B. Pruebas de proposiciones teóricas	64

Índice de figuras

2.1. Curva de rendimientos: segmentación del mercado	6
2.2. Tasas reales en Reino Unido	8
3.1. Portafolios de SIEFORES invertido en Deuda Gubernamental	12
3.2. Portafolios 2008-2012	13
3.3. Deuda gubernamental por instrumentos (%)	14
3.4. Total de circulación de Bonos M por sectores (%)	15
3.5. Total en circulación de CETES por sector (%)	16
3.6. Deuda Gubernamental por sector (%)	18
3.7. Porcentaje de deuda gubernamental capturada por SIEFORES	18
5.1. Estructura de Deuda Gubernamental en el año 2000 por temporalidad τ años	29
5.2. Porcentaje secuestrado por SIEFORES por temporalidad τ año 2000 . . .	29
5.3. Estructura de Deuda Gubernamental en el año 2005 por temporalidad τ años	29
5.4. Porcentaje secuestrado por SIEFORES por temporalidad τ año 2005 . . .	29
5.5. Estructura de Deuda Gubernamental en el año 2010 por temporalidad τ años	30
5.6. Porcentaje secuestrado por SIEFORES por temporalidad τ año 2010 . . .	30
5.7. Estructura de Deuda Gubernamental en el año 2012 por temporalidad τ años	30
5.8. Porcentaje secuestrado por SIEFORES por temporalidad τ año 2012 . . .	30
5.9. Estructura de Deuda Gubernamental promedio 2000-2012 por tempora- lidad τ años	31
5.10. Porcentaje secuestrado por SIEFORES por temporalidad τ , periodo 2000- 2012	31
5.11. Deuda Ponderada por Vencimiento, aproximación de la DD	31
5.12. Vencimiento promedio ponderado por DD	32
5.13. Pago de cupón entre periodos	35
6.1. Coeficientes $b_1^{(\tau)}$ para las tasas de interés	40
6.2. Coeficientes $b_2^{(\tau)}$ para las tasas de rendimiento	44
6.3. Comparación de coeficientes $b_1^{(\tau)}$ y $b_2^{(\tau)}$	45
A.1. Coeficientes de regresión para Hipótesis 1, comparación entre oferta com- pleta de bonos y oferta disponible	63
A.2. Coeficientes de regresión para Hipótesis 2, comparación entre oferta com- pleta de bonos y oferta disponible	63

Índice de cuadros

6.1. Coeficientes $b_1^{(\tau)}$	38
6.2. Coeficientes $b_1^{(\tau)}$ Continuación	39
6.3. Coeficientes $b_2^{(\tau)}$	42
6.4. Coeficientes $b_2^{(\tau)}$ Continuación	43
6.5. Resultados de 6 regresiones del Bono: 07/12/23 (20)	48
6.6. Resultados de 6 regresiones del Bono: 03/06/27 (20)	49
6.7. Resultados de 6 regresiones del Bono: 31/05/29 (20)	50
6.8. Resultados de 6 regresiones del Bono: 20/11/36 (30)	51
6.9. Resultados de 6 regresiones del Bono: 18/11/38 (30)	52
A.1. Resumen de Datos	59
A.2. Características de los Bonos M	60
A.3. Resumen de Datos, Tasas de interés	61
A.4. Resumen de Datos, Tasas de Rendimiento	62

Abreviaciones

TSR	T erm S tructure of interest R ate
DD	D ollar D uration
DPV	D euda P onderada al V encimiento
HPR	H olding P eriod R eturn
SD	S andar D eviation

Capítulo 1

Introducción

La estructura temporal de tasas de interés es de suma importancia en la macroeconomía. Por un lado, la política monetaria afecta la tasa de interés de corto plazo, por otro el nivel de inversión depende de las tasas de largo plazo, entonces estudiar la estructura temporal es comparable con estudiar la conexión entre política monetaria e inversión.

Existen varias razones que describen la importancia de estudiar las tasas de interés:

1. Los mercados de renta fija modernos, además de bonos, incluyen todo tipo de instrumentos derivados sensibles a las tasas de interés.
2. Las tasas de interés determinan el precio del dinero y de otros instrumentos de mercado que utilizan en su valuación la tasa de descuento.
3. Del lado corporativo, las decisiones de inversión se basan en las expectativas del proyecto y el costo del capital, el cual depende de las tasas de interés.

Los cambios en la forma de la estructura temporal pueden tener impactos en el rendimiento esperado de un portafolio, devaluando o sobrevaluando algunos bonos (comparados con otros de características similares) y como consecuencia decrementar o incrementar el valor del portafolio.

Todo lo anterior motiva al banco central y a los inversionistas a estudiar cuidadosamente la estructura temporal de tasas. El banco quiere conocer el efecto que tendrá una política

monetaria¹ sobre el resto de las tasas de interés, el inversionista quiere conocer la manera óptima de invertir su dinero y así maximizar el rendimiento esperado para su portafolio.

El “Efecto Clientela”² supone la existencia de un tercer agente interesado en el mercado, este agente tiene una temporalidad preferida, de la cual captura gran parte de la oferta. Sus características le dan poder de mercado, de tal forma que el efecto de la disminución en su demanda es comparable con la emisión de bonos del banco central³, de igual forma sucede con el aumento de su demanda.

En México se han realizado pocos estudios sobre la estructura temporal de tasas, todos coinciden en que la hipótesis de las expectativas no obtiene resultados satisfactorios al explicar el comportamiento de la estructura de tasas en el mercado de bonos mexicano.

Las Sociedades de Inversión Especializada de Fondos para el Retiro (SIEFORES) resultan un cliente natural con preferencias temporales, dado que están sujetos a los niveles de riesgo permitidos por las leyes mexicanas y además capturan aproximadamente una quinta parte de todo el mercado de bonos.

La colocación de Bonos se realiza mediante subastas organizadas por el Banco de México, lo cual nos incentiva a pensar que las condiciones de oferta y demanda son las que están definiendo los precios y por tanto las tasas de rendimiento.

En el presente trabajo analizamos el comportamiento de los arbitrajistas respecto a la oferta disponible⁴. Encontramos que un choque de oferta disponible tiene efecto positivo para las tasas de interés y de retorno de la mayoría de los bonos, lo que implica un efecto clientela positivo. Para los bonos de largo plazo no se logró calibrar el modelo para explicar la aversión al riesgo de los arbitrajistas, posiblemente por que son de reciente emisión y aun no están completamente establecidos.

El Mercado de bonos mexicano aún está en desarrollo y actualmente vive tiempos no ordinarios, la inversión extranjera ha crecido muy rapidamente a partir de 2010 y actualmente tiene más del 40 % de deuda pública, la rápida inmersión del capital extranjero probablente es a causa de las bajas tasas en el mercado de EUA, lo cual pone al mercado

¹Sea a través de la tasa de interés de corto plazo o mediante la emisión o retiro de bonos en el mercado de renta fija

²Porpuesto por la teoría del Hábitat Preferido

³El efecto de la emisión de bonos es que al aumentar la oferta de bonos, estos bajan su precio, por lo que las tasas de rendimiento aumentan.

⁴Llamaremos oferta disponible a la cantidad de bonos que restan después de que SIEFORES ha elegido su portafolio.

mexicano en una posición frágil ante la recuperación de estas tasas. No debemos perder de vista esta situación y tratar de preparar a la economía nacional para cualquier fuga de capitales que se pudiese suscitar.

Capítulo 2

Revisión de la Literatura

2.1. Explicaciones teóricas de la estructura temporal de tasas.

La estructura temporal de tasas en un momento dado, define la relación entre el nivel de tasa de interés y su fecha de vencimiento (Veronesi, 2010), extraer información de ésta resulta deseable por razones como las siguientes:

- Conocer el comportamiento futuro de las tasas y elegir óptimamente un portafolio acorde a las características del inversionista.
- El precio del dinero viene determinado por las tasas de interés, es decir, el dinero valdrá más o menos en función del costo que supone el solicitar un préstamo, por tanto este costo lo determinan las tasas de interés en el mercado de deuda.

A pesar de que es deuda gubernamental, mientras más lejana esté la fecha de vencimiento, más riesgoso se vuelve el activo¹. Según la teoría económica este riesgo debe ser compensado con mayores tasas de interés, pero ¿Cómo explicar que esto no siempre se cumple en la realidad?

¹El riesgo se deriva de la posibilidad de no pago al vencimiento, no es igual pensar que un país podría declararse en banca rota en un mes, a pensar que podría pasar en 30 años

Existen tres grandes paradigmas para explicar el comportamiento de la estructura temporal de tasas de interés: Hipótesis de expectativas, Preferencia por la liquidez y Mercados segmentados([Garcia-Verdú, 2011](#)).

2.1.1. Hipótesis de expectativas

La teoría del interés de Irving Fisher, desarrolló la relación entre tasas de corto y largo plazo bajo condiciones de perfecta previsión y ésta se convirtió en la base de la hipótesis de expectativas².

La hipótesis de expectativas dice que la pendiente de la TSR³ refleja las expectativas futuras sobre las tasas de interés de los inversionistas([Veronesi, 2010](#)). Esta hipótesis ha sido la más utilizada en los modelos macroeconómicos y financieros por muchos años, pero desafortunadamente no se ha encontrado evidencia empírica que la respalde. En especial para el caso mexicano se tienen trabajos recientes como [Garcia-Verdú \(2011\)](#) en donde se provee evidencia en contra de la hipótesis de expectativas, igualmente [Rodríguez \(2012\)](#) hace una estimación de la TSR para los años 1998-2012 bajo el modelo de Svensson y, con los datos obtenidos, rechaza que la hipótesis de expectativas ajuste al mercado mexicano. La importancia de que sean recientes es que la regulación cambió en la década de 1990, para dejar en 2001 al mercado listo para adoptar bonos de largo plazo ([Castellanos, 2008](#)).

2.1.2. Preferencia por Liquidez

La teoría de preferencia por la liquidez desarrollada por Hicks en 1946 ⁴ resalta la importancia de la aversión al riesgo de los prestamistas, ya que los prestamistas prefieren los activos más líquidos, sobre todo instrumentos de corto plazo. La diferencia en tasas se explica como un premio por asumir mayores riesgos⁵. Esta hipótesis explicaría que la estructura de las tasas tiene pendiente positiva, cosa que se sabe es muy diferente a nivel empírico. No hay evidencia en México de estudios para probar esta hipótesis.

²[Culbertson \(1957\)](#)

³Estructura temporal de tasas, por sus siglas en inglés nos referiremos a ella como TSR

⁴[Hicks \(1946\)](#)

⁵riesgos de no pago o simplemente por dejar de tener activos líquidos

2.1.3. Teoría de la segmentación del mercado.- Hábitat Preferido

En la teoría de segmentación del mercado propuesta por Culbertson (1957) se plantea la idea de un mercado en el que la TSR se mueve debido al comportamiento de los inversionistas y prestamistas, además se plantea que los participantes del mercado tienen una preferencia fija por algún plazo en específico⁶. En su forma más extrema, esta teoría determina que solo las condiciones de demanda y oferta de alguna temporalidad, pueden influir en la tasa de interés de ésta misma⁷. Por lo tanto la TSR estará formada por los resultados del ejercicio oferta y demanda de cada temporalidad y el movimiento de una oferta o demanda de alguna temporalidad no afecta a otra. En la Figura 2.1 tenemos una representación de cómo se construye la TSR acorde a la teoría de segmentación del mercado, los puntos de intersección de oferta y demanda de cada plazo son los que marcan cada punto en la curva.

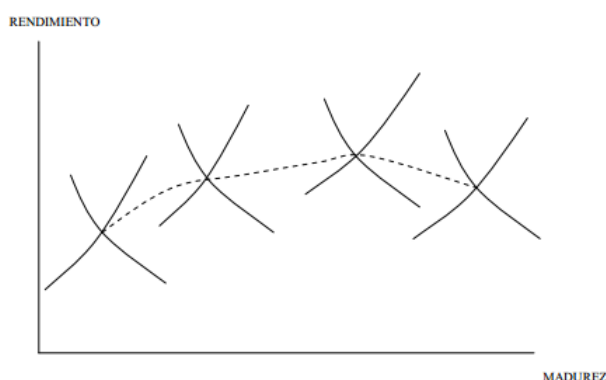


FIGURA 2.1: Curva de Rendimientos acorde a la teoría de Mercados Segmentados.

Posteriormente Modigliani (1966) modificaron los supuestos más fuertes de la teoría de segmentación para formar la Teoría del Hábitat Preferido. Hábitat Preferido, en contra de la teoría de Hicks⁸, argumenta que si tienes una preferencia de n años es más certero invertir en bonos de n periodos que invertir a corto plazo n veces, ya que la tasa de corto plazo fluctúa mucho más. Si el agente es averso al riesgo, prefiere mantenerse en la temporalidad de su preferencia a menos que en alguna otra temporalidad se ofrezca una prima esperada que compense el riesgo y el costo de no estar en su hábitat.

⁶Según la teoría de Culbertson, la preferencia por la temporalidad estará formada por restricciones de tipo legal o estratégicas, por ejemplo instrumentos de largo plazo para Fondos de Retiro, plazo corto y mediano para la mayoría de los bancos comerciales, ambas debido a la naturaleza de sus obligaciones

⁷La influencia viene directamente en los precios de los bonos, recordamos que la relación precio - tasa de rendimiento es inversa

⁸La teoría de la preferencia por la liquidez asegura que: un bono de corto plazo siempre es menos riesgoso que uno de largo plazo

Luego entonces, la tasa de interés difiere a la sugerida por la hipótesis de expectativas, pues ésta refleja la diferencia entre oferta de bonos para temporalidad n y la demanda agregada de n periodos. Si la oferta excede a la demanda para bonos de temporalidad n entonces bajan los precios de los bonos y se incrementa la prima de la tasa para el bono de temporalidad n . A diferencia de la teoría de [Culbertson \(1957\)](#), con algún movimiento de la oferta o demanda de una temporalidad, el resto de las tasas también sufren cambios que provienen de la “especulación” de los inversionistas que salieron de su hábitat atraídos por el hecho de obtener mayores rendimientos.

Recientemente ésta teoría ha tomado fuerza por su clara intuición, respaldada por la evidencia empírica que presentan países como Reino Unido (2004)⁹ y Estados Unidos ¹⁰ donde se utilizó el primer modelo cuantitativo para la teoría de “hábitat preferido”.

2.2. Avances sobre Hábitat Preferido

A pesar de lo intuitivo que es la teoría de Hábitat Preferido, hasta hace unos años no había recibido reconocimiento académico por falta de algún modelo empírico claro, con el cual se pudiese probar la hipótesis sobre los mercados reales. Recientemente [Greenwood \(2010\)](#) presentaron evidencias concluyentes a favor del Hábitat Preferido. En Reino Unido (2004) un exceso de demanda de bonos a largo plazo por parte de los fondos de pensiones, trajo un cambio en la diferencia de las tasas de corto y largo plazo. En EUA el Tesoro retiró bonos de largo plazo en 2000 y 2001, esto se reflejó en un alza de tasas de rendimiento para todos los bonos.

2.2.1. Reforma de Legislación de Pensiones de 2004 Reino Unido

En 1995 se instituyó que las compañías de pensiones deberían tener un fondo mínimo para asegurar un pago completo a los clientes en caso de que la empresa fuese a banca rota, junto con una exigencia de ligar el valor de los fondos de pensiones a activos seguros como lo son los bonos gubernamentales. Ésto aumentó la demanda de bonos de largo plazo por parte de todas las compañías de pensiones, provocando que las tasas de

⁹ [Greenwood \(2010\)](#)

¹⁰ [Greenwood \(2012\)](#)

rendimiento de dichos bonos cayeran, ésto fue visto como malo para los fondos de pensiones y pronto se abandonaron estas dos medidas por parte del estado. Posteriormente en 2004 se creó una ley para que el gobierno pudiese seguir de cerca a los fondos de pensiones y rescatarlos cuando tuvieran serios déficits. Bajo la perspectiva de esta nueva ley, la mejor cobertura para las pensiones la proporcionaban los bonos del gobierno, pues estos reducían la volatilidad de los portafolios. Como consecuencia se compraron muchos bonos de largo plazo y la demanda causó efectos sobre la TSR. En la figura 2.2 se aprecia como las tasas de mediano plazo (2009,2016) se mantuvieron relativamente estables, mientras las tasas de largo plazo (2035, 2055) estuvieron con tendencia a la baja siendo esta tendencia muy pronunciada a partir de 2004.

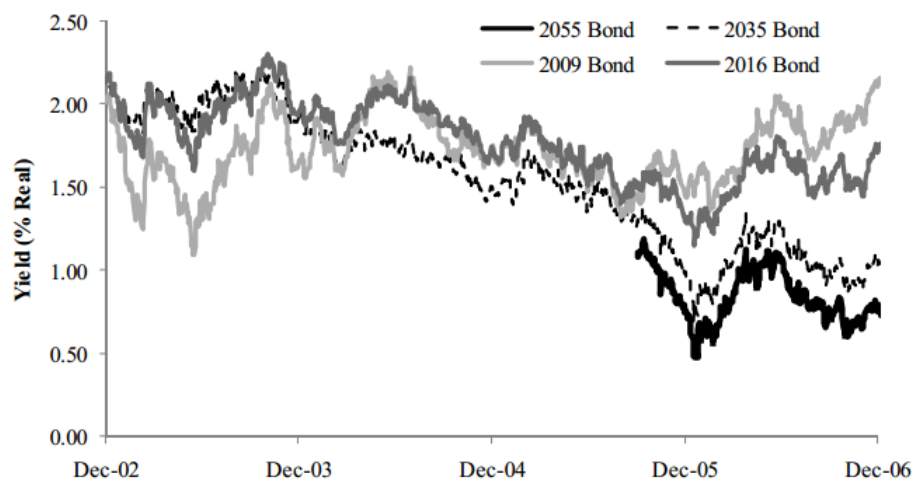


FIGURA 2.2: Tasas Reales de bonos del gobierno indexados a la inflación en Reino Unido Diciembre 2002- Diciembre 2006
fuente: [Greenwood \(2010\)](#)

Como respuesta al cambio en tasas de interés, los directores de los fondos de pensiones exigieron al gobierno expandir la oferta de bonos de largo plazo argumentando que el valor de los fondos disminuía por las bajas tasas de rendimiento. De esta forma las tasas de largo plazo cambiaron de dirección y se reestablecieron. Todo lo ocurrido ahí puede ser explicado por la teoría de Hábitat preferido.

Un hallazgo importante fue que no solo se movió la tasa de un plazo, es decir, las alzas o bajas de tasas no son independientes y toda la curva TSR se ve afectada, en mayor o menor medida. Esta dependencia puede explicarse porque los bonos con vencimientos

cercanos son considerados sustitutos casi-perfectos, lo cual hace que choques locales se vean reflejados por lo menos en la temporalidad más cercana.

2.2.2. Compra de bonos del Tesoro 2000-2001 Estados Unidos de América

En otoño de 1999 el Tesoro de EUA anunció que compraría bonos de largo plazo, con el fin de disminuir la madurez que tenía la estructura de deuda¹¹ y entre marzo de 2000 y diciembre de 2001, la tesorería compró aproximadamente \$ 63.5 miles de millones de dólares cuyo valor nominal en bonos representaba aproximadamente el 10 % de lo que se encontraba en circulación antes de comenzar las compras. A pesar de que se retiraron solo los bonos de temporalidad 9 años o más, las tasas de rendimiento de todos los bonos se incrementaron, sobre todo para temporalidades de mediano y largo plazo.

Esta evidencia empírica llevó a (Vila, 2009) a analizar más profundamente cómo los choques de oferta y demanda se manifiestan en la TSR y formularon un modelo formal para el Hábitat Preferido¹² y así poder evaluar si es que un mercado tiene el comportamiento descrito por la teoría. El modelo fue utilizado por primera vez para el mercado de EUA por (Greenwood, 2012) cuyo análisis mostró resultados afirmativos para la hipótesis del comportamiento del mercado de bonos Norteamericano que puede explicarse mediante la teoría de Hábitat Preferido.

El mercado de bonos mexicano no ha sido estudiado por segmentación del mercado a pesar de tener un cliente con preferencia temporal muy importante, SIEFORES, y una clara motivación de ajustes de tasas por oferta y demanda, dado que la colocación de los valores gubernamentales es mediante subastas. Ahora nos compete utilizar el modelo de Greenwood y Vayanos para analizar el mercado de bonos mexicano bajo la teoría de Hábitat Preferido.

¹¹Comunicado de prensa del Tesoro de EUA, 4 de Agosto, 1999.

¹²El modelo es desarrollado en el capítulo 4 de este trabajo

Capítulo 3

El mercado de Bonos Mexicano

3.1. Un poco de historia

El mercado de bonos mexicano es muy joven comparado con los mercados de países desarrollados, sin embargo en la última década ha tenido grandes avances.

El mercado de dinero en México inició su camino en 1975 con la creación de la Ley de Mercado de Valores, que permitía emitir deuda corporativa sin ninguna garantía. Los Certificados de la Tesorería de la Federación (CETES) entraron al mercado en 1978, los cuales se convirtieron en el instrumento principal del gobierno mexicano. Las razones principales por las cuales México carecía de este tipo de instrumentos era por la inestabilidad económica y política que tenía, éste solo lograba tener estabilidad económica por una fuerte intervención del estado y la estabilidad era momentánea.

Al principio de la década de los 80's, México pasó nuevamente por una transición económica que empeoró la estabilidad macroeconómica¹ lo cual frenó la emisión de nuevos instrumentos. Toda esta década fué mala para el mercado de bonos pues no tuvo la oportunidad de expandirse. A la entrada de los presidentes llamados “tecnócratas” al poder (Miguel de la Madrid (1982-1988), Carlos Salinas de Gortari (1988-1994) y Ernesto Zedillo(1994-2000)) comenzaron cambios estructurales y cambios en la ley, con

¹Al final del sexenio de José López Portillo se devaluó el peso tardíamente, por lo que tuvo consecuencias graves. También se nacionalizó la banca, lo que generó desconfianza de invertir capital extranjero en México.

el fin de liberar al mercado, este periodo es conocido como neoliberalismo. La culminación de estos cambios se vió en 1993 cuando Banco de México se convirtió en un organismo autónomo y los bancos comerciales se reprivatizaron. Estas reformas trajeron a México una apertura mayor, donde el Tratado de libre comercio entre los países de América del Norte, trajo beneficios y perjuicios dado el incremento del flujo de dinero. En 1994, se notó la debilidad del mercado, pues hubo muchas dificultades al aumentar las emisiones de los Tesobonos (bonos a corto plazo, pagaderos en dólares americanos cuyo supuesto fin era defender el tipo de cambio Peso mexicano - Dólar americano) como consecuencia de esta medida, en diciembre de este mismo año, se experimentó una salida de capitales enorme ² que se convirtió en la primera crisis para México del siglo XXI.

Los siguientes años se trató de recuperar la economía y en el sexenio Ernesto Zedillo, hubo una de las reformas más importantes, la modificación de la ley de pensiones realizada en 1997. El nuevo sistema de capitalización individual generó una demanda estable para bonos del gobierno, contribuyendo principalmente en el desarrollo de deuda de largo plazo.

En el periodo 2001-2005 el mercado de largo plazo comenzó su expansión y estabilización, por diversas razones, entre las que destacaron:

- El Banco de México se fijó como objetivo principal la estabilidad macroeconómica, donde la inflación controlada es la prioridad.
- Por parte del gobierno federal hubo disciplina fiscal, la deuda gubernamental permaneció estable desde 1997, con alrededor del 20 % del PIB
- Reformas sobre los fondos de pensiones, ya que al ser manejados por empresas privadas mejoró su funcionamiento. En México los portafolios manejados por las Administradoras de fondos para el Retiro (AFORES) están compuestos en su mayoría por bonos del gobierno. En el año 2000 superaban por mucho el mínimo requerido, que era un 65 %, en la figura 3.1 vemos como de 2000 a 2010 el porcentaje

²Entre otras causas, por el aumento de tasas internacionales

de inversión de las SIEFORES en títulos gubernamentales, ha ido disminuyendo poco a poco, lo que implica claramente que los portafolios se han diversificado^{3,4}

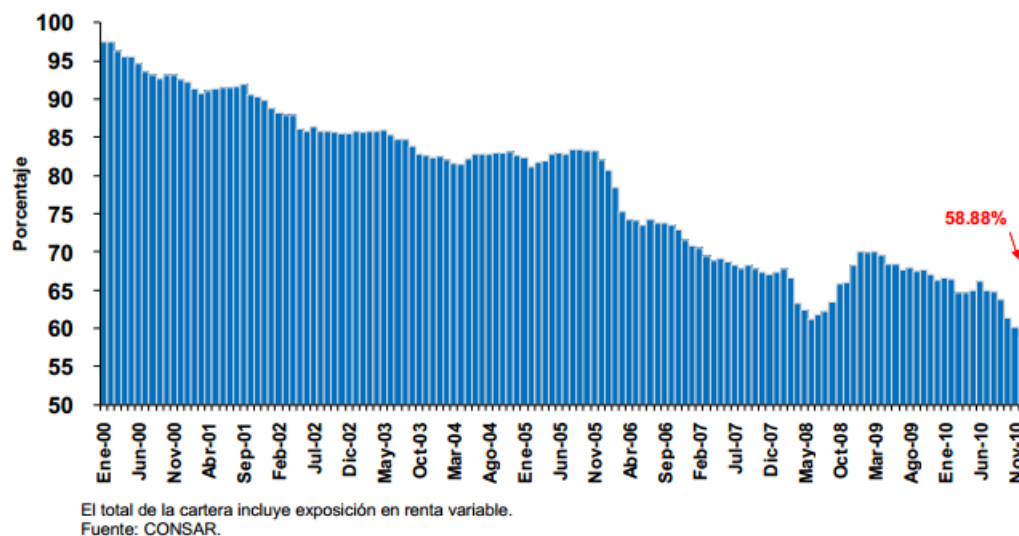


FIGURA 3.1: Inversión de SIEFORES en títulos gubernamentales 2000-2010 (porcentaje con respecto a la cartera total)

En la figura 3.2 podemos apreciar que a partir del año 2009 hay una constante caída en el porcentaje de títulos gubernamentales con respecto a la cartera total, probablemente esta caída sea explicada por la reforma a la ley del SAR⁵ que empezó a operar en marzo de 2008. La CONSAR autorizó la ampliación del número de SIEFORES básicas de 2 a 5, el nuevo sistema divide a los trabajadores acorde a su edad, así las carteras de los trabajadores más jóvenes se pueden invertir en un régimen de inversión más amplia y con un mayor rendimiento esperado a largo plazo mientras que los recursos de los trabajadores con edad cercana al retiro serán invertidos en carteras más conservadoras⁶.

3.1.1. Bonos M

Los bonos más importantes en cuanto a montos en el mercado (Figura 3.3) son los Bonos M los cuales se emiten en plazos mayores a un año, siendo en 2006 cuando se emitió el primer bono de plazo de 30 años.

³La diversificación aunada a otros factores, es adjudicada a cambios en la legislación de los fondos y mejoras importantes en los mercados financieros.

⁴Castellanos (2008)

⁵Sistema de ahorro para el retiro

⁶Fuente: Informe Anual de Labores 2008: CONSAR

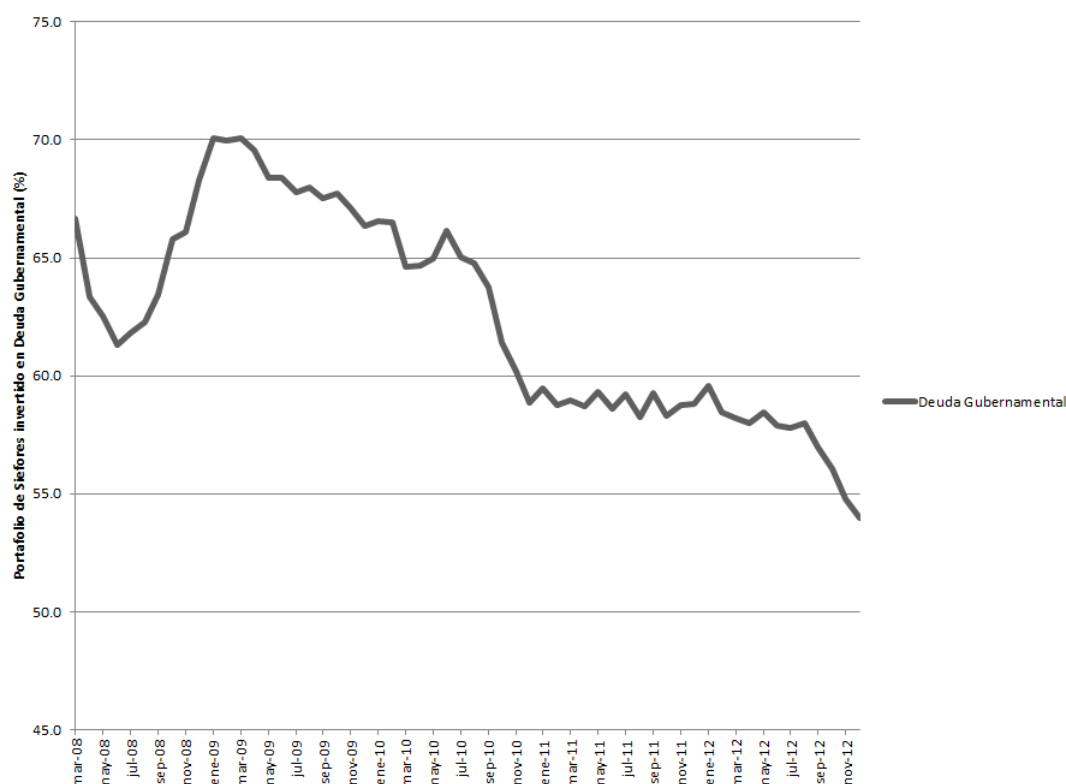


FIGURA 3.2: Porcentaje de Portafolios de SIEFORES destinado a Deuda Gubernamental 2008-2012. Fuente: CONSAR

Descripción de los títulos⁷

	Bonos M
Nombre	Bonos de desarrollo del Gobierno Federal con Tasa de interés Fija
Valor nominal	100 pesos (cien pesos)
Plazo	Se pueden emitir a cualquier plazo siempre y cuando sean múltiplos de 182 días. Se han emitido a plazos entre 3,5,10,20 y 30 años
Periodo de interés	Los títulos devengan intereses en pesos cada seis meses. Esto es, cada 182 días o el plazo que sustituya a éste en caso de días inhábiles.
Tasa de interés	La tasa de interés que pagan estos títulos es fijada por el Gobierno Federal en la emisión de la serie y es dada a conocer al público inversionista en la convocatoria para la subasta de valores gubernamentales.

⁷Descripción Técnica de los Bonos de Desarrollo del gobierno federal con tasa de interés fija. Fuente: Banco de México

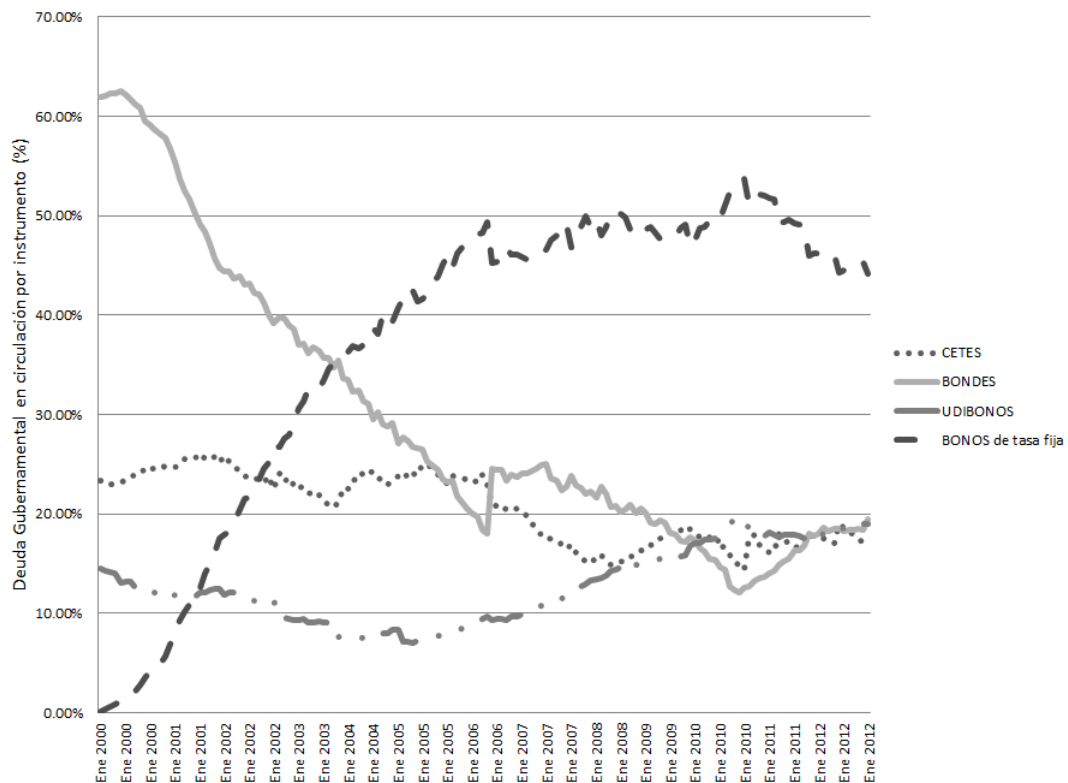


FIGURA 3.3: Porcentaje de circulación de Deuda Gubernamental 2000-2012 por instrumento. Fuente: Banco de México

Antes de que estos bonos tomaran una posición importante, los bonos a tasa variable y los bonos indexados a la inflación eran los más populares, pero conforme fue madurando el mercado, se pudo trabajar con una tasa fija. La Tenencia de estos bonos ha variado a través de los años, en la figura 3.4 observamos la importante posición que han tenido las SIEFORES en el lapso 2000-2012 y el notable crecimiento de la tenencia de Deuda Gubernamental por parte de extranjeros.

3.1.2. Cetes

Los Certificados de la Tesorería de la Federación (CETES) son los instrumentos de deuda bursátiles más antiguos emitidos por Gobierno Federal. Constituyen un pilar fundamental en el desarrollo del mercado de dinero en México, sobretudo para el mercado de corto y muy corto plazo.

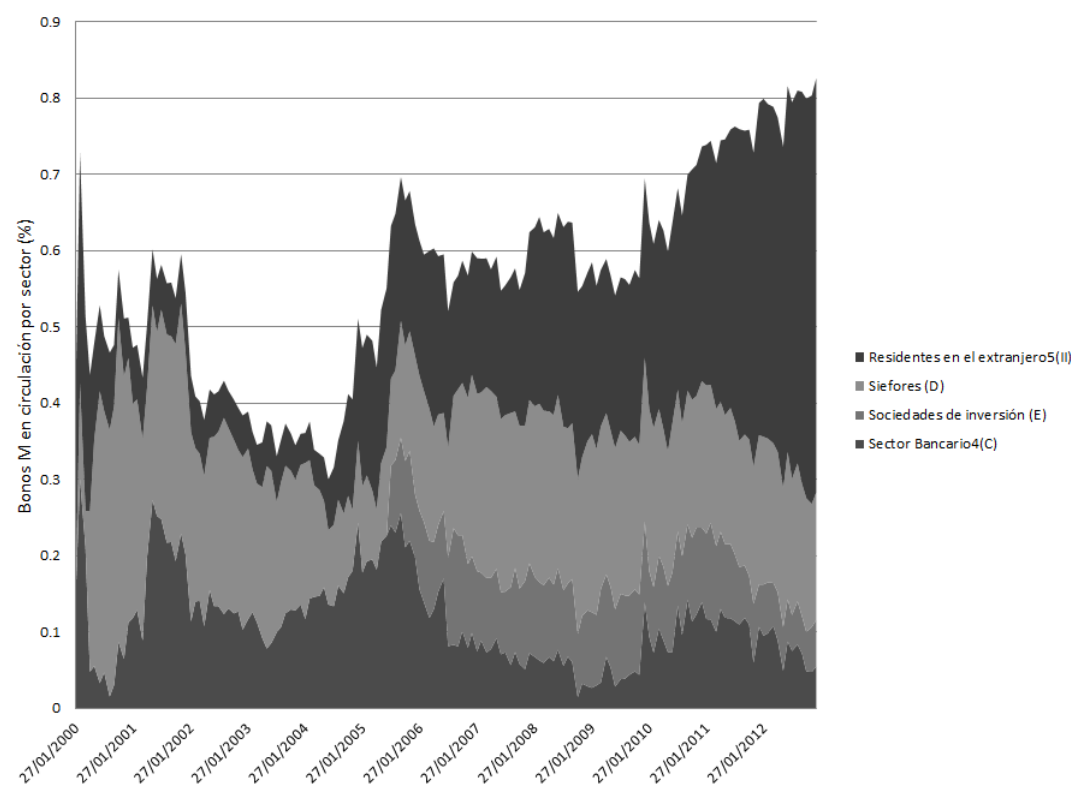


FIGURA 3.4: Bonos M, Deuda gubernamental por sector 2000-2012. Fuente: Banco de México

Descripción de los títulos

	CETES
Nombre	Certificados de la Tesorería de la Federación
Valor nominal	10 pesos (diez pesos)
Plazo	En la actualidad se emiten y colocan a plazos de 28 y 91 días, y a plazos cercanos a 6 meses y un año.
Periodo de interés	Estos títulos no devengan intereses debido a que son bonos cupón cero. Sin embargo la tasa de interés del título está implícita en la relación de descuento que hay entre el valor nominal y su precio de compra.

La tenencia de estos títulos también es importante pues nos permite conocer ligeramente las características de los inversionistas que están más interesados en la tasa de corto plazo. En la figura 3.5 vemos que la participación de las SIEFORES en el mercado

de deuda de corto plazo no ha sido continua, pero en los últimos años es notorio un decremento importante.

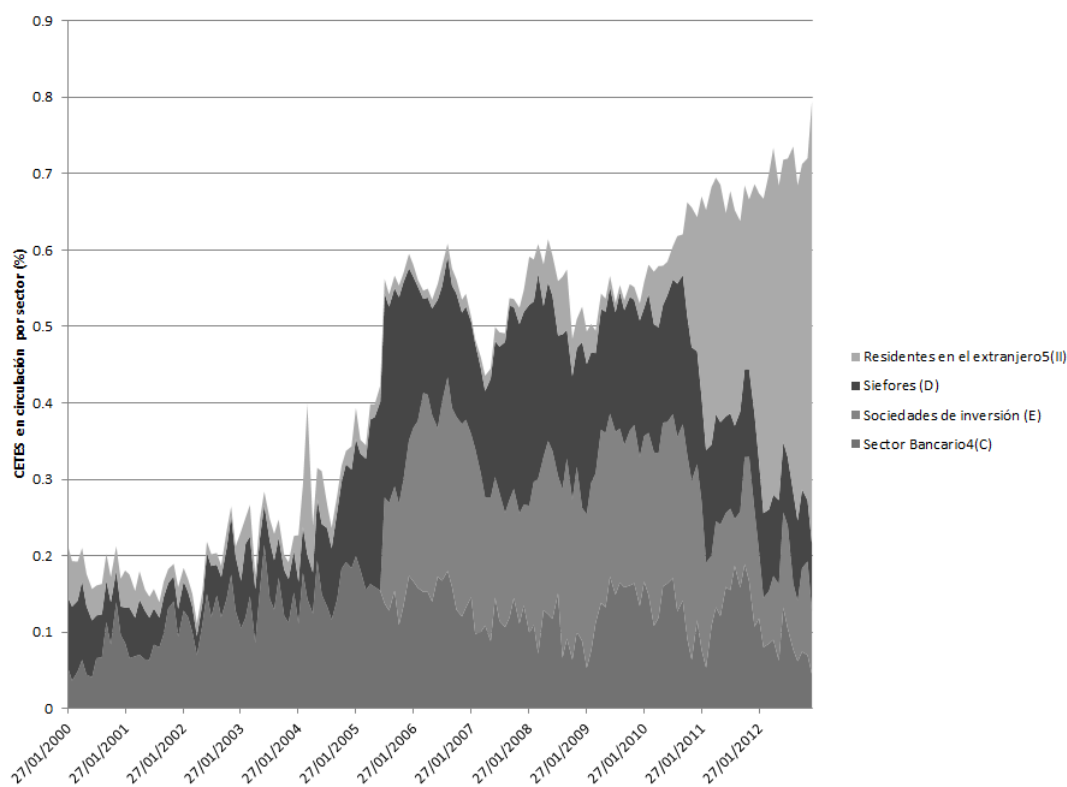


FIGURA 3.5: Cetes, Deuda gubernamental por sector 2000-2012. Fuente: Banco de México

3.2. ¿Por qué el Mercado de Bonos Mexicano podría reflejar el comportamiento del Hábitat preferido?

Como se mencionó en el capítulo 2 la teoría de Hábitat Preferido argumenta que las tasas de interés se mueven ante cambios de Oferta o Demanda. El modelo propone que en el mercado pueden haber dos tipos de Clientes:

- **Clientes con un hábitat preferido:**

Este tipo de Clientes generalmente están sujetos a regulaciones que no les permiten perseguir una maximización del portafolio, aunque las razones por las que un cliente tiene preferencia a una temporalidad pueden ser diversas, éstos capturan parte importante del mercado. Se dice que este tipo de clientes tienen una influencia

tan importante dentro del mercado que un aumento o disminución de demanda de su temporalidad preferida es comparable con una emisión o retiro de bonos por parte del banco central, es decir, tendrían el mismo efecto⁸, *El efecto Clientela*.

■ **Clientes Arbitrajistas:**

Este tipo de clientes resultan muy importantes para lograr que el mercado en equilibrio esté libre de arbitraje. Ellos son maximizadores de su utilidad esperada y en especial maximizan su portafolio de inversión, ante cambios en la oferta de los bonos, ellos absorben los choques a cambio de una prima de riesgo, pues su portafolio es muy sensible. Si los arbitrajistas fuesen neutrales al riesgo, cualquier choque de oferta sería completamente absorbido por los arbitrajistas y no habría cambios en precios de bonos ni tasas de interés, entonces, lo que permite que sean visibles los cambios en la estructura de tasas de interés, es que los arbitrajistas no absorben todo el choque, la cantidad que absorben depende de que tanto compensa la prima de interés a su aversión al riesgo.

Debido a que el Mercado de Bonos Mexicano ha mostrado, a través de diversos análisis, no ser compatible con la teoría de las expectativas y que tenemos un cliente fuerte que actualmente captura aproximadamente una quinta parte del mercado total de bonos (SIEFORES) que tiene límites muy claros con respecto al riesgo máximo que puede asumir su portafolio, el siguiente paso natural es analizar si el mercado de bonos mexicano puede ser descrito por el modelo de Hábitat Preferido y así poder describir los efectos que tienen los clientes (SIEFORES) sobre los movimientos en la TSR.

⁸Dado que esperamos tener el mismo efecto, en adelante cuando nos refiramos a choques de oferta, en caso de ser positivos, puede ser un aumento en la oferta de bonos por parte del Banco Central o bien una disminución de la demanda por parte de los clientes con hábitat preferido, idem para choques negativos

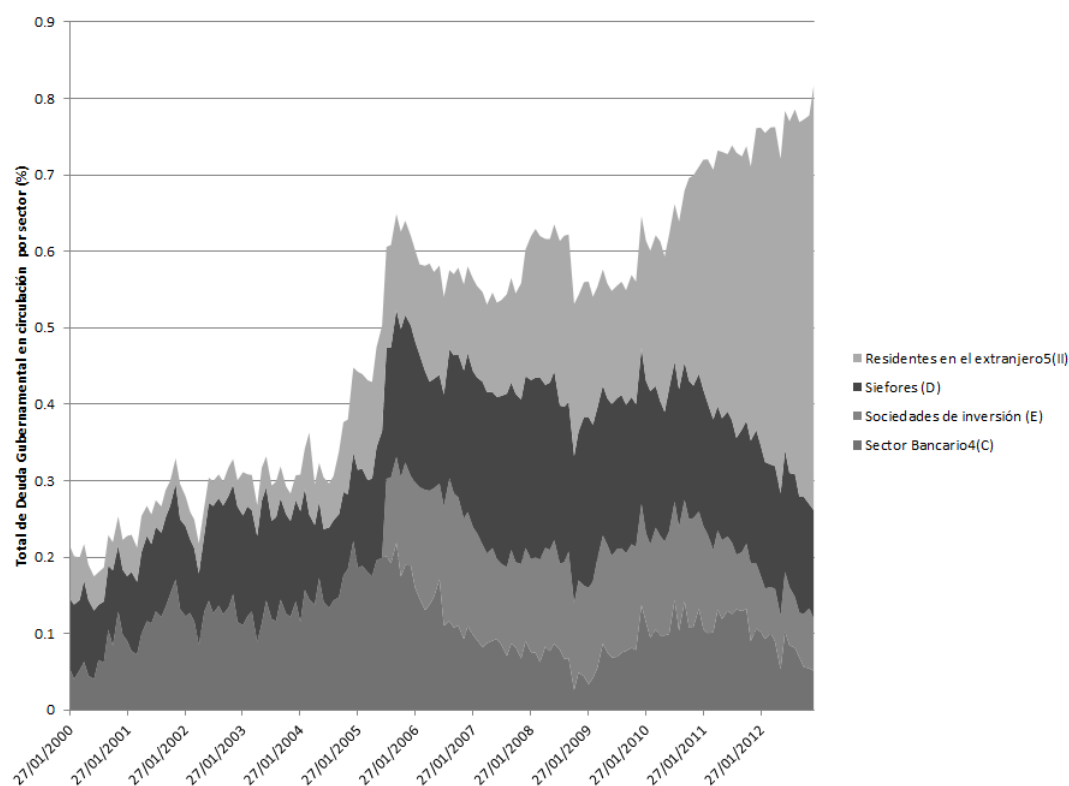


FIGURA 3.6: Deuda Gubernamental por sector 2000-2012 (Bonos M y Cetes). Fuente: Banco de México

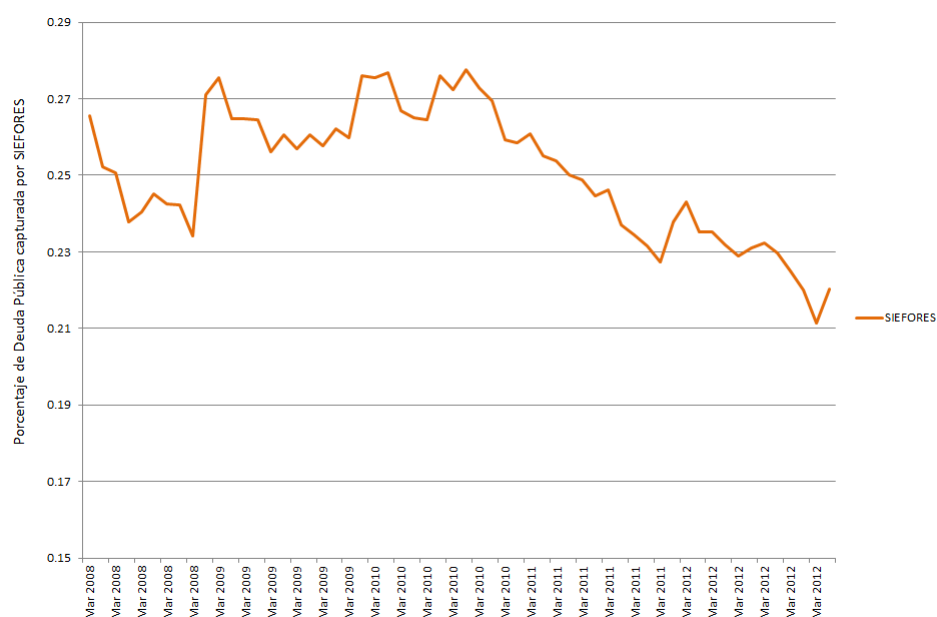


FIGURA 3.7: Porcentaje de deuda gubernamental capturada por SIEFORES 2008-2012.

Fuente: Propia con información de Banco de México y CONSAR

La caída en el porcentaje de deuda pública capturada por SIEFORES que se observa a partir de 2010 implica un aumento de oferta disponible importante.

Capítulo 4

Predicciones Teóricas

A continuación describiremos el marco teórico que nos ayudará a organizar la investigación empírica del ***El efecto Clientela*** sobre la TSR¹. Vila (2009) construyeron un modelo empírico de Hábitat Preferido. En este modelo, los arbitrajistas absorben los choques de oferta y demanda mediante bonos con diferentes vencimientos, dado que son aversos al riesgo, los choques afectarán los precios de los bonos. Para este trabajo seguiremos el modelo de dos factores, el cual considera como variables exógenas principales la tasa de corto plazo y un factor de oferta. Se puede simplificar el modelo si se asume que la elasticidad-precio de los bonos es cero en ausencia de arbitrajistas². Lo que permite llegar a una solución cerrada y de esta forma encontrar el equilibrio.

4.1. Modelo

El modelo está diseñado en un tiempo continuo, entonces la TSR en tiempo t será un continuo de bonos cupón cero con vencimiento en el intervalo $(0, T]$ y con valor nominal uno. La relación entre el precio de un bono en tiempo t de temporalidad τ y la tasa interna de rendimiento la definimos como:

$$y_t^{(\tau)} = \frac{-\log P_t^{(\tau)}}{\tau} \quad (4.1)$$

¹seguiremos la modificación del modelo de (Vila, 2009) que ocuparon (Greenwood, 2012)

²Es decir, la demanda de los bonos no cambiaría por incrementos en el precio en ausencia de los arbitrajistas

Entonces la tasa de corto plazo puede definirse como: $\lim_{\tau \rightarrow 0} y_t^{(\tau)} = r_t$.

El comportamiento de los arbitrajistas puede modelarse bajo el supuesto de que, tanto la oferta de bonos como la demanda de los clientes con una temporalidad específica son exógenas. Suponemos que el arbitrajista tiene función de utilidad con aversión relativa al riesgo constante³. De tal manera que el problema de optimización del arbitrajista será:

$$\underset{\left\{x_t^{(\tau)}\right\}_{\tau \in (0, T]}}{\text{Maximizar}} \left[E_t(dW_t) - \frac{\gamma}{2} \text{Var}_t(dW_t) \right] \quad (4.2)$$

Donde:

$x_t^{(\tau)}$ es el monto invertido en pesos de bonos con vencimiento τ (Demanda)

W_t es la riqueza del arbitrajista en el tiempo t

γ es el coeficiente de aversión al riesgo

El cambio en la riqueza dW_t es:

$$dW_t = \int_0^T x_t^{(\tau)} \frac{dP_t^{(\tau)}}{P_t^{(\tau)}} d\tau + \left(W_t - \int_0^T x_t^{(\tau)} d\tau \right) r_t dt. \quad (4.3)$$

El cambio en la riqueza tiene dos partes: la primera representa el retorno por invertir en bonos de todas las temporalidades y la segunda tiene el retorno de invertir el resto de su riqueza en el activo libre de riesgo.

Asumimos que la Oferta Disponible en pesos⁴ puede describirse como:

$$s_t^{(\tau)} = \zeta(\tau) + \theta(\tau)\beta_t \quad (4.4)$$

Donde:

$\zeta(\tau)$ y $\theta(\tau)$ son funciones determinísticas de τ y β_t es un factor de oferta estocástica que sigue un proceso Ornstein-Uhlenbeck⁵ con media cero, esto es:

³CRRA por sus siglas en inglés

⁴Entendemos como oferta disponible la oferta de bonos menos los bonos capturados por los clientes con temporalidad preferida

⁵Un proceso estocástico O-U de la forma $dx_t = \theta(\mu - x_t)dt + \sigma dW_t$ se caracteriza por ser un proceso estocástico con tendencia a regresar a su media μ cuando $t \rightarrow \infty$ con una velocidad θ , W_t es un proceso de Wiener

$$d\beta_t = -\kappa_b\beta_t dt + \sigma_\beta dB_{\beta,t} \quad (4.5)$$

Es decir, β_t es quien dará los choques de oferta y $\theta(\tau)$ proporcionará la sensibilidad ante la temporalidad del choque, ese choque puede ser positivo o negativo.

Si ahora asumimos que la función $\theta(\tau)$ satisface:

$$(i) \quad \int_0^T \theta(\tau) d\tau \geq 0$$

(ii) Existe una $\tau^* \in [0, T)$ tal que:

$$\theta(\tau) < 0 \text{ para } \tau < \tau^*$$

$$\theta(\tau) > 0 \text{ para } \tau > \tau^*$$

El primer inciso nos asegura que un choque positivo a la oferta β_t no disminuirá el valor total en pesos de los bonos ofrecidos a los arbitrajistas⁶.

El segundo inciso nos indica que cuando haya un choque positivo β_t , algunos de los bonos con vencimiento τ pueden disminuir su oferta incluso cuando la oferta total no disminuye. Ambos incisos implican que cuando hay movimientos de oferta habrá un aumento de sensibilidad generando un efecto positivo de β_t en $y_t^{(\tau)}$ y $r_t^{(\tau)}$.⁷

Por simplicidad, asumimos que la tasa a corto plazo r_t es exógena, aunque es razonable pensar que si depende de los cambios exógenos β_t . Luego, definimos a r_t como un factor estocástico que sigue un proceso Ornstein-Uhlenbeck, esto es:

$$dr_t = -\kappa_r(\bar{r} - r_t)dt + \sigma_r dB_{r,t} \quad (4.6)$$

⁶Cuando se aumenta la oferta de bonos, a pesar de que disminuirá el precio de los bonos, no disminuirá lo suficiente como para anular al monto de los bonos de nuevo ingreso

⁷recordamos que $y_t^{(\tau)}$ es la tasa interna de rendimiento y $r_{t+k}^{(\tau)}$ es la tasa de retorno por retener el bono k periodos

4.2. Equilibrio de la Estructura temporal

Los factores de riesgo del modelo son la tasa de corto plazo r_t y el factor de oferta β_t . Ahora examinaremos cómo los choques de estos factores afectan la variable endógena $P_t^{(\tau)}$, que es el precio de los bonos. El equilibrio se obtiene en dos pasos: primero resolvemos el problema de optimización del arbitrajista y después igualamos oferta con demanda para obtener así una solución única. Entonces los precios son determinados endógenamente como función de los factores de riesgo de la siguiente forma:

$$P_t^{(\tau)} = \exp^{-[A_r(\tau)r_t + A_\beta(\tau)\beta_t + C(\tau)]} \quad (4.7)$$

La ecuación se deriva a partir de la ecuación 4.1, escribimos a $y_t^{(\tau)}$ como función de la tasa de corto plazo y el factor de oferta. Las funciones $A_r(\tau)$, $A_\beta(\tau)$ y $C(\tau)$ son funciones dependientes del vencimiento τ donde las primeras dos caracterizan la sensibilidad del bono ante choques de las variables exógenas, ambas son funciones positivas y crecientes en τ ⁸. Aplicando el lema de Ito a la ecuación 4.7 y usando las ecuaciones dinámicas 4.5 y 4.6 se calcula $\frac{dP_t^{(\tau)}}{P_t^{(\tau)}}$ como se hizo en Greenwood (2012).

$$\frac{dP_t^{(\tau)}}{P_t^{(\tau)}} = \mu_t^{(\tau)} dt - A_r(\tau)\sigma_r dB_{r,t} - A_\beta(\tau)\sigma_\beta dB_{\beta,t}$$

$\mu_t^{(\tau)}$ denota el retorno esperado. Después de solucionar el problema de maximización y llegar al Lema 1⁹

Lema 1. La condición de primer orden de la maximización del arbitrajista es:

$$\mu_t^{(\tau)} - r_t = A_r(\tau)\lambda_{r,t} + A_\beta(\tau)\lambda_{\beta,t} \quad (4.8)$$

Donde:

$\mu_t^{(\tau)}$ denota el rendimiento esperado.

⁸Se entiende por sensibilidad como el porcentaje que baja el precio por unidad que crece el factor.

⁹El proceso de maximización resulta complejo dado que las funciones $A_r(\tau)$, $A_\beta(\tau)$ están dadas por dos ecuaciones diferenciales, es por este motivo que no se muestran, sin embargo es posible encontrar mayores detalles en el ApéndiceB y en Vila (2009)

$$\lambda_{i,t} \equiv \gamma \sigma_i^2 \int_0^T x_t^{(\tau)} A_i(\tau) d\tau \quad (4.9)$$

Importante notar que $\lambda_{i,t}$ para $i = r, \beta$ son los mismos para todos los bonos¹⁰.

En la ecuación 4.8 se muestra que el exceso de rendimiento será una función lineal de la sensibilidad(demanda ponderada $A_i(\tau)$) por que presentan los bonos ante cambios en la tasa de corto plazo y/o el factor de oferta. Cada λ representará el valor agregado que otorga el riesgo al portafolio del arbitrajista en cada choque. Finalmente condicionamos al portafolio del arbitrajista a que con sus movimientos se vacíen los mercados, es decir, que éstos absorban el choque de oferta, esto se expresa:

$$x_t^{(\tau)} = s_t(\tau) \quad (4.10)$$

4.3. Efectos de oferta de bonos

Las principales implicaciones del modelo de las que se derivan las hipótesis sobre el lado empírico del modelo, son los efectos del choque de oferta β_t sobre $y_t^{(\tau)}$ y $r_{t+k}^{(\tau)}$. Las pruebas de cada proposición se encuentran en el Apéndice B.

Proposición 4.1 *Un choque de oferta β_t mueve las tasas de interés de todos los bonos, $y_t^{(\tau)}$, en la misma dirección que el choque. Más aún la forma de la curva puede ser creciente o en forma de U inversa.*

Proposición 4.2 *Un choque de oferta β_t mueve las tasa de retorno de todos los bonos $r_{t+k}^{(\tau)}$ en la misma dirección que el choque.*

La Proposición 4.1 no incluye a las tasas de muy corto plazo por ser exógenas. En general, los bonos de largo plazo son más sensibles a cambios en la tasa a corto plazo, luego entonces, tienen una prima de riesgo mayor, pero esto dependerá de la rapidez en la que los bonos regresen al promedio (mean-reversion) después de un choque. Si se regresa muy rápido, se tiene la curva con forma de U inversa, y por ello, los bonos de mediano plazo son los que tienen un mayor desplazamiento.

¹⁰El hecho de que sean iguales para todos es consecuencia de que en el equilibrio no hay arbitraje

Proposición 4.3 *Un choque de oferta β_t tiene un efecto mayor en las tasas de retorno esperadas $r_{t+k}^{(\tau)}$ que en las tasas internas de rendimiento $y_t^{(\tau)}$.*

La Proposición 4.3 se basa en la forma en que se construyó cada tasa. La tasa interna de retorno está formada por el promedio de las tasas de retorno esperadas del tiempo que le queda de vida al bono, por lo que el efecto de un choque de oferta sobre la tasa interna de retorno ($y_t^{(\tau)}$) será igual al efecto promedio de las tasas de retorno esperadas ($r_{t+k}^{(\tau)}$) en el resto de la vida del bono. El choque causa un movimiento instantáneo en las tasas y mientras más rápido regrese a la media¹¹, menor diferencia habrá entre los diferentes efectos a las tasas $y_t^{(\tau)}$ y $r_{t+k}^{(\tau)}$.

Proposición 4.4 *El efecto de un choque de demanda β_t en $r_{t+k}^{(\tau)}$ es creciente respecto a la aversión al riesgo γ del arbitrajista.*

La Proposición 4.4 parte del hecho de que el choque de oferta puede afectar los precios solamente si los arbitrajistas son aversos al riesgo. Cuando los arbitrajistas son neutrales al riesgo no requieren de ninguna compensación por absorber los choques de oferta y estos choques no afectan los precios.

Para convertir estas 4 proposiciones en hipótesis que pueden ponerse a prueba es fundamental construir una medida para β_t . En particular es difícil describir los movimientos en la oferta disponible en un sólo factor, sin embargo el modelo de un sólo factor proporciona una buena aproximación a los movimientos reales.¹²

Como recordamos, la ecuación 4.9 nos da el precio o valor agregado que proviene del riesgo que absorbe el arbitrajista. Reescribiendo la ecuación 4.9, se tiene: $\lambda_{i,t} \equiv a\sigma_i^2 \Delta_{i,t}$ para $i = r, \beta$, al haber un equilibrio en el mercado, tenemos que:

$$\Delta_{i,t} \equiv \int_0^T s_t^{(\tau)} A_i(\tau) d\tau \quad (4.11)$$

Entonces podemos decir que $\Delta_{i,t}$ describe el factor de sensibilidad de la oferta disponible. Los autores Greenwood (2012) calibraron un modelo para datos de Estados Unidos

¹¹Propiedad característica de un proceso estocástico Ornstein - Uhlenbeck

¹²Greenwood (2012)

de América con datos de la Posguerra y llegaron a que $A_\beta(\tau)$ ¹³ y $\Delta_{\beta,t}$ (Ambos medidos para el mismo periodo de tiempo) tienen una correlación de 98 % lo cual sugiere que el modelo de oferta de un solo factor es una buena aproximación.

La duración mide la sensibilidad del precio P de un portafolio ante cambios de las tasas de interés, la “Dollar Duration” le da un precio a la Duración, es decir nos expresa los cambios en monto de un portafolio ante cambios en las tasas de interés¹⁴. Por lo que utilizaremos a Δ_t como una aproximación de la “DD”¹⁵ por tanto Δ_t representa la sensibilidad en pesos que tiene la oferta disponible de bonos, variable que en el modeló es conocida como β_t . Nosotros aproximaremos la oferta disponible como la diferencia entre la oferta de bonos emitida por el Banco de México y los bonos capturados por los portafolios de las Sociedades de Inversión Especializadas de Fondos para el Retiro (SIEFORES) que representan los clientes con preferencias de temporalidad fija¹⁶. A continuación postulamos las hipótesis a probar dentro del modelo.

Hipótesis 4.1 *Una regresión de las tasas internas de rendimiento con respecto a la Δ_t controlando por la tasa de corto plazo, tendrá un coeficiente positivo. Este coeficiente puede incrementar con la temporalidad o formar una U invertida*

Hipótesis 4.2 *Una regresión de las tasas de retorno $r_{t+k}^{(\tau)}$, con respecto a la Δ_t , controlando la regresión con la tasa a corto plazo, tendrá un coeficiente positivo. Este coeficiente es creciente con respecto a la temporalidad*

Hipótesis 4.3 *El coeficiente de la regresión en la Hipótesis 2 es mayor al coeficiente de la Hipótesis 1*

Cuando la tasa a corto plazo es independiente de la oferta, no es necesario controlar por dicha tasa. Sin embargo, generalmente no se da esta independencia y para eliminar la correlación que hay entre la tasa de corto plazo y la oferta, se necesita controlar por esta tasa.

¹³ $A_\beta(\tau)$ tiene una descripción mas completa en el Apéndice B

¹⁴ Definición: La dollar duration está definida como: $D^{\$} = -P \frac{dP}{dr}$

¹⁵ De aquí en adelante denotaremos a la Dollar Duration como DD ante la falta de término en español

¹⁶ Esta aproximación es propuesta por este trabajo dado que contamos con los datos exactos proporcionados por Banco de México además que la oferta total y la oferta disponible para nuestros datos tienen una correlación de 92 %

La Proposición 4 es un poco más difícil de plantear como hipótesis porque al construir el modelo se asume una aversión al riesgo constante en el tiempo. Por ello la proposición 4 será un ejercicio de estática comparativa, utilizando una relación conocida entre la riqueza y la aversión al riesgo, que nos dice que la aversión al riesgo γ es decreciente con respecto a la riqueza del arbitrajista. Por tanto es importante analizar qué pasa con la riqueza cuando hay cambios en la oferta, es decir, cuando β_t es diferente de cero. Se puede decir entonces que los arbitrajistas pierden dinero cuando un choque fuerte de oferta para bonos de largo plazo es seguido por un bajo rendimiento de las tasas de largo plazo con respecto a las de corto plazo.

Hipótesis 4.4 *El coeficiente de regresión de la Hipótesis 4.2 es decreciente con respecto a la riqueza del arbitrajista*

En el siguiente capítulo se hará una descripción de los datos que utilizamos así como su construcción.

Capítulo 5

Datos

5.1. Estructura de deuda y medida de oferta disponible

Nuestra base de datos abarca desde Enero de 2000 hasta Octubre de 2012 ya que como se vio en el capítulo 3 el mercado mexicano tardó años en estabilizarse, siendo totalmente liberizado a entre 2000-2001, cubriendo así las características que se requieren como base en esta teoría, cabe mencionar que a la mitad del periodo en estudio entraron en circulación los bonos de muy largo plazo que no se habían anexado al mercado dado la falta de confiabilidad en el sistema.

Para construir la base de datos principal, se colectaron datos históricos mensuales¹ de CETES y BONOS M del Banco De México². Usando las fechas de emisión calculamos las fechas de pago de cupón y con el monto total en circulación calculamos los montos a pagar cada fecha cupón como se hizo en Greenwood (2012). Por ejemplo para un bono 5 años, suponiendo que siguen en circulación el mismo número de bonos y que la próxima fecha cupón es en marzo de 2009, entonces según nuestros cálculos, se espera que se hagan 9 pagos más de \$1,023 mp³ más el nominal en el último periodo.

¹Por tanto nuestra base consta de 153 observaciones

²Las características necesarias fueron: fecha de emisión, tasa cupón, fecha de vencimiento y monto total en circulación

³Millones de pesos

	Emisión	tasa cupón	Vencimiento	Pago por cupón
M5	marzo 2002	9.5 %	marzo 2007	\$4.80
	Fecha de Valuación	Cupones Faltantes	Total en circulación	Pago cupones
M5	octubre 2002	9	\$21,322.15 mdp	\$1,023 mll

Debido a que la observación de cada mes corresponde al último día hábil, la cantidad de días entre observaciones varia entre 25-30.

Construimos la estructura de deuda del gobierno mexicano a distintas temporalidades sumando los flujos de capital de CETES, Nominal de Bonos y Cupones de Bonos. Por tanto el total de pagos a realizar en τ años es:

$$D_t^{(\tau)} = PR_t^{(\tau)} + C_t^{(\tau)} = \sum_i PR_{it}^{(\tau)} + \sum_i C_{it}^{(\tau)}$$

Donde $PR_t^{(\tau)}$ es el total de pagos del valor nominal sumando sobre todos los bonos i que vencen en el mismo año τ , $C_t^{(\tau)}$ el total de pagos cupón sumado sobre todos los bonos i que se cobran en el mismo año τ

En las Graficas 5.1 - 5.10 mostramos la estructura de deuda total escalada por el PIB nacional, años a comparar: 2000, 2005, 2010, 2012 y promedio total. Las gráficas de la izquierda muestran la estructura de la deuda del Banco de México dividido en pagos de nominal y pagos de cupones, la linea que está sobre la gráfica representa el monto total **disponible**⁴ para los arbitrajistas, en las imágenes de la derecha tenemos el porcentaje del total que fue secuestrado⁵ por las SIEFORES y sociedades de inversión por temporalidad.

La estructura de deuda ha cambiado en los ultimos años, llegando a una forma más convencional en donde el grosor de la deuda es pagadera en el transcurso del primer año, es decir el grosor de la deuda está en CETES, la deuda a largo plazo aún no figura con un monto muy grande, esperamos que en los próximos años esto cambie para tener una

⁴El monto total después de restar los montos que tienen los clientes SIEFORES

⁵Con secuestrado, nos referimos a que estos bonos nunca salieron al mercado como tal, sino fueron comprados directamente por las SIEFORES sin dejarlos entrar al mercado

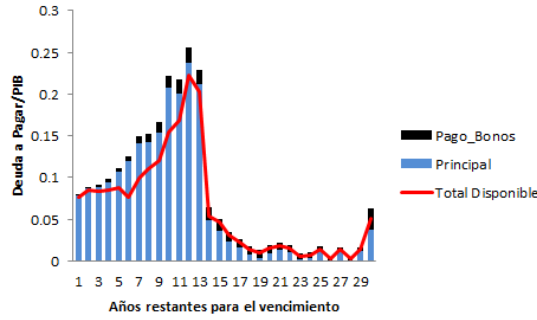


FIGURA 5.1: Estructura de Deuda Gubernamental en el año 2000 por temporalidad τ años

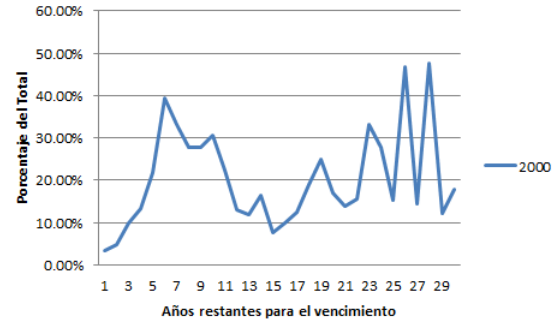


FIGURA 5.2: Porcentaje secuestrado por SIEFORES por temporalidad τ año 2000

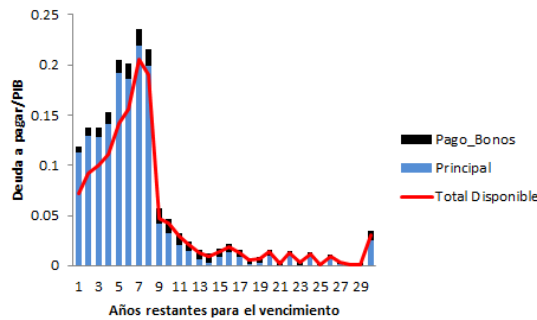


FIGURA 5.3: Estructura de Deuda Gubernamental en el año 2005 por temporalidad τ años

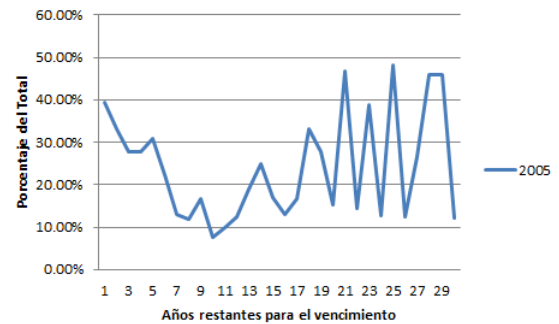


FIGURA 5.4: Porcentaje secuestrado por SIEFORES por temporalidad τ año 2005

mayor comparación con el largo plazo. En las figuras de la derecha podemos notar que los porcentajes de tenencia de SIEFORES han convergido de los bonos de corto-mediano plazo hacia los bonos de mediano-largo plazo⁶.

Se construyó la medida central de oferta disponible de bonos tomando como base la DD⁷. Expresamos la DD con la Deuda Ponderada por Vencimiento reescalada por el PIB⁸ nacional⁹.

$$DPV_t = \frac{\sum_{0 < \tau \leq 30} D_t^{(\tau)} \tau}{PIB_t}$$

⁶Esta convergencia probablemente es causa del aumento de temporalidades para los bonos M y el cambio de administración de SIEFORES a un sector privado

⁷Discusión en el capítulo 4

⁸El PIB fue aproximado con la base de datos mensual del IGAE aprovechando su correlación [Elizondo \(2012\)](#)

⁹La Deuda Ponderada por Vencimiento es similar a la DD de la deuda la diferencia es que la DPV está expresada en valores nominales y no valores de mercado

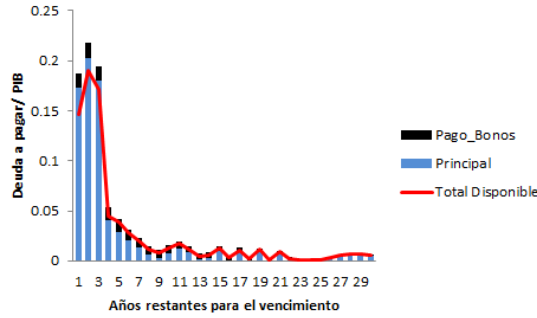


FIGURA 5.5: Estructura de Deuda Gubernamental en el año 2010 por temporalidad τ años



FIGURA 5.6: Porcentaje secuestrado por SIEFORES por temporalidad τ año 2010

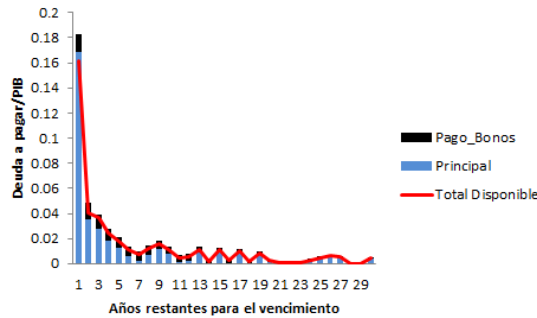


FIGURA 5.7: Estructura de Deuda Gubernamental en el año 2012 por temporalidad τ años

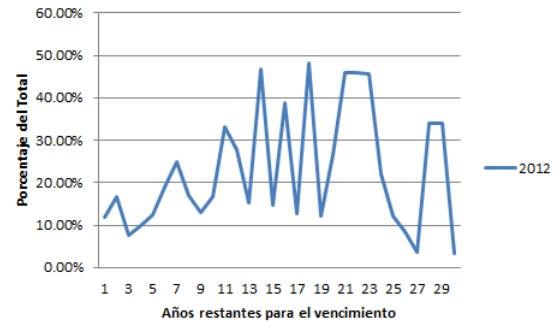


FIGURA 5.8: Porcentaje secuestrado por SIEFORES por temporalidad τ año 2012

En la figura 5.11 se muestra nuestra aproximación de emisión de deuda ponderada. Vemos como la duración del mercado ha ido disminuyendo conforme ha madurado el mercado de bonos en México a pesar de que se han aumentado los plazos, una vez que el mercado llegue a una estabilidad, los cambios en duración probablemente estarán más relacionados con la temporalidad. Se puede observar que la pendiente es más pronunciada de 2000 a 2008, entre 2008 y 2009 hay un periodo no decreciente probablemente a causa de la fuerte recesión que se vivió en este periodo, a partir de 2010 la duración ha seguido disminuyendo aunque con una pendiente menor a la del primer periodo. La duración es menor para el mercado disponible, sin embargo se observa una convergencia y de acuerdo con la teoría de Habitat Preferido se espera pronto que la duración del mercado disponible sea mayor a la del mercado total¹⁰.

¹⁰La lógica de la convergencia es que conforme ha madurado el mercado de bonos, los arbitrajistas han tomado posiciones más arriesgadas, lo que incrementa la duración del mercado disponible, si el mercado de bonos mexicano continua mejorando, pronto será notoriamente más riesgoso el mercado disponible.

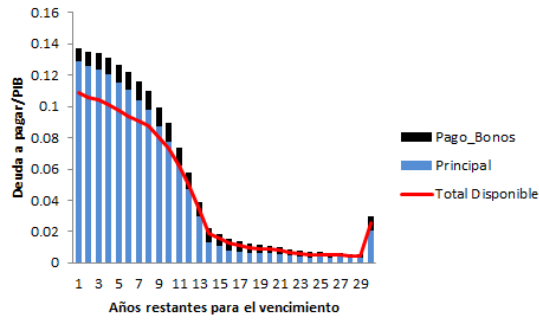


FIGURA 5.9: Estructura de Deuda Gubernamental promedio 2000-2012 por temporalidad τ años

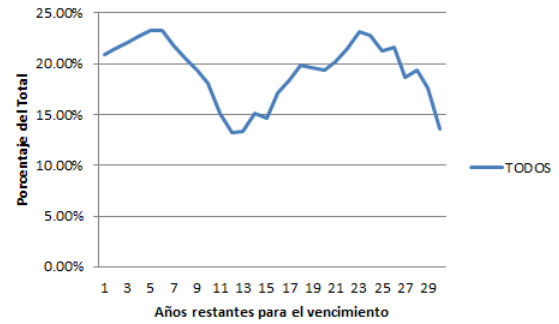


FIGURA 5.10: Porcentaje secuestrado por SIEFORES por temporalidad τ , periodo 2000-2012

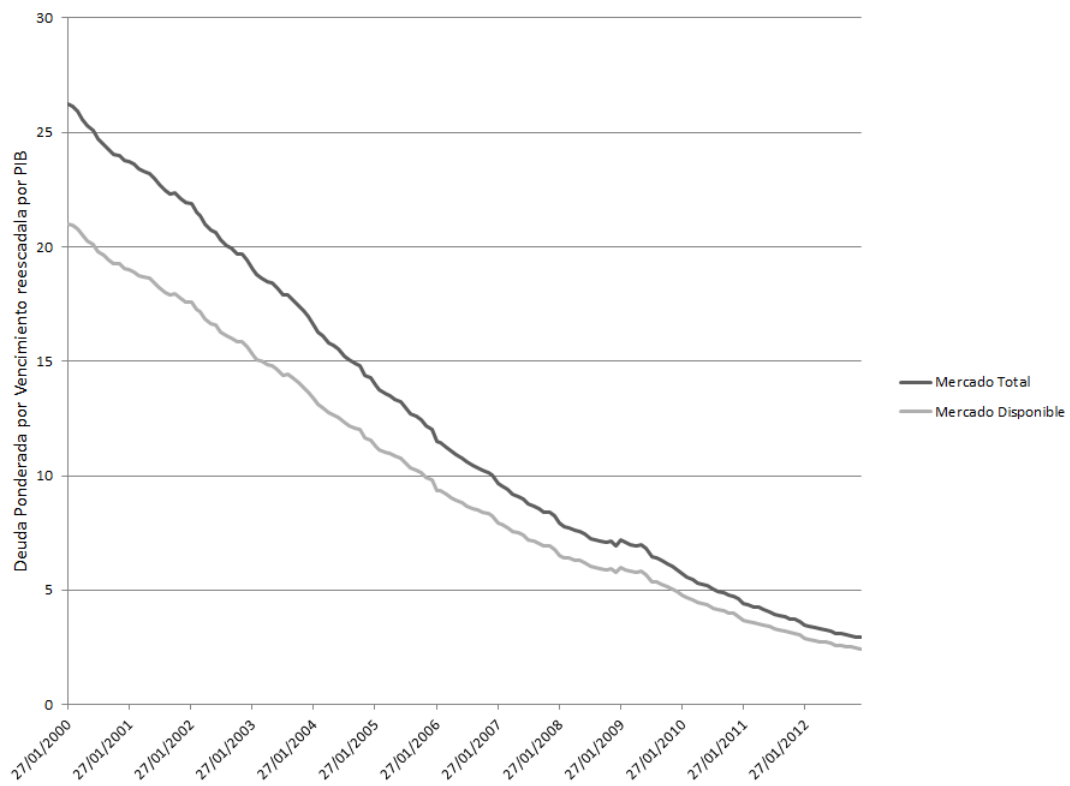


FIGURA 5.11: Deuda Ponderada por vencimiento, aproximación de la Duración

Una descomposición interesante de la deuda ponderada por vencimiento es:

$$DPV_T = M_t \frac{\sum_{0 < \tau \leq 30} D_t^{(\tau)}}{PIB_t} \quad (5.1)$$

Donde

$$M_t = \frac{\sum_{0 < \tau \leq 30} D_t^{(\tau)} \tau}{\sum_{0 < \tau \leq 30} D_t^{(\tau)}}$$

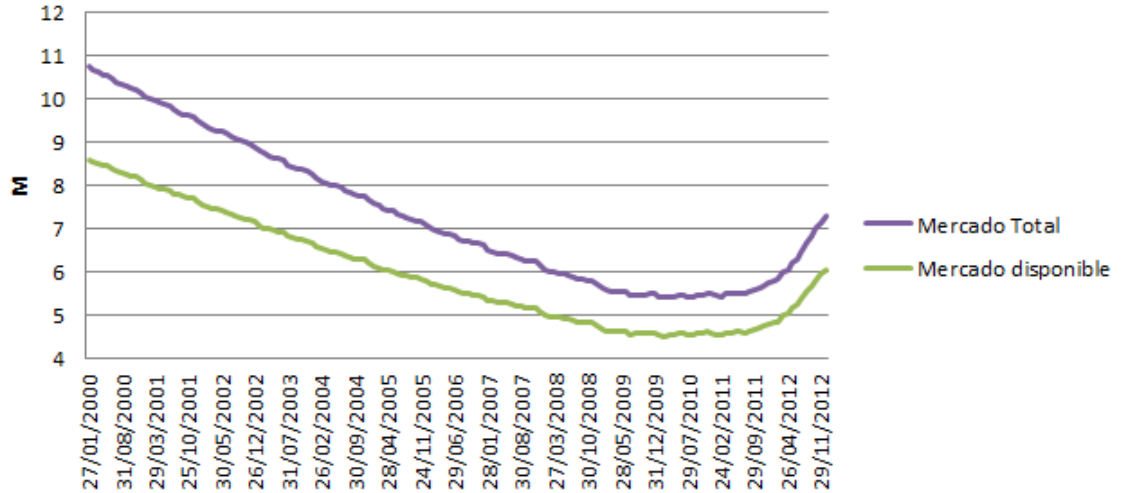


FIGURA 5.12: Vencimiento promedio ponderado por la Duración del mercado

En palabras la variable M_t representa el vencimiento promedio ponderado por la DD del mercado de bonos. En la figura A.2 vemos la diferencia entre analizar al mercado total y el mercado disponible a los arbitrajistas, la sensibilidad de los precios vista en la figura 5.11 disminuye para ambos mercados¹¹, notamos la misma convergencia del mercado disponible hacia el mercado total. Es importante resaltar que hay un cambio de pendiente a finales de 2011, la relación aumenta y la pendiente ahora es creciente, probablemente causado porque el incremento en la oferta de bonos ha sido para bonos a largo plazo en una mayor proporción esto también podría explicar la pendiente menor de la figura 5.11, es decir, el incremento en oferta de bonos a largo plazo está haciendo más sensible al mercado.

Por tanto no es lo mismo analizar al mercado completo que analizar al mercado disponible y es por eso que trabajaremos con el segundo.

¹¹En realidad no son dos mercados, sólo uno es una fracción del otro.

5.2. Tasas de interés y tasas de retorno

La base que se usó como base principal es la base de tasas de todos los valores gubernamentales¹². Esta base contiene las tasas internas de rendimiento diarias, de las cuales, sólo ocupamos las observaciones pertenecientes a las fechas que coinciden con las observaciones mensuales¹³ que recabamos del monto total para el cálculo de la DPV¹⁴. Estas tasas son las necesarias para probar la primera hipótesis.

	Fecha de inicio de datos disponibles	Fecha final de datos disponibles
Cetes	14 de Agosto de 1995	16 de Octubre de 2012
Bonos M	27 de Enero de 2000	16 de Octubre de 2012

Para calcular las tasas de HPR¹⁵ recuperamos los precios de los bonos en cada periodo, para recuperar los precios ocupamos las tasas de rendimiento que ya tenemos mediante la siguiente formula¹⁶ :

$$P = \left(\frac{C + C * \left[\frac{1}{R} - \frac{1}{R * (1+R)^{K-1}} \right] + \frac{VN}{(1+R)^{K-1}}}{(1+R)^{1-\frac{\psi}{182}}} \right) - C * \frac{\psi}{182} \quad (5.2)$$

Donde:

P = Precio limpio del Bono

VN = Valor nominal del título

K = Número de cupones por liquidar, incluyendo el vigente

ψ = Número de días transcurridos del cupón vigente

TC = Tasa de interés anual del cupón

$$C = VN * \frac{182 * TC}{360}$$

$$R = y * \frac{182}{360}$$

y =tasas de rendimiento al vencimiento anual

¹²Proveedor Integral de Precios (PIP) y Bloomberg.

¹³Por tanto son 153 observaciones

¹⁴Deuda Ponderada por Vencimiento.

¹⁵Por sus siglas en inglés (Holding Period Return) lo que significa tasa de retorno por retener un bono k periodos.

¹⁶La formula es la utilizada por el Banco de México descrita en la Descripción técnica de los Bonos de Desarrollo del Gobierno Federal con tasa de interés fija.

También calculamos las fechas exactas del pago de cupones de cada bono para contarlas como los flujos de dividendos. La fórmula para el cálculo de retornos es:

$$P_{t-1} = \frac{C * (1 + r)^{T-\psi} + P_t}{(1 + r)^T} \quad (5.3)$$

Para las fechas en las que no hubo pago de cupón se hizo un despeje como el siguiente:

$$R = \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right)^{\frac{1}{T}} - 1$$

Para fechas en las que hubo pago de cupón entre periodos se calculó la tasa de retorno por interpolación de tasas con exactitud a 7 decimales, como se ve en la imagen 5.13 ese pago se lleva a valor futuro para poder calcular P_t adecuadamente, a continuación se muestra el algoritmo para interpolación de tasas:

$$Nueva(i) = \left(-i + \frac{f(i) - f(i^-)}{f(i^+) - f(i^-)} \right)$$

Donde:

$$f(i) = (1 + i)^t P_{t-1} - (1 + i)^{t-\psi} C = P_t$$

i es la tasa verdadera que calcula el Precio del bono en t .

$$f(i^-) < f(i)$$

i^- es una tasa que con la función Precio calcula un valor menor al Precio del bono en t que es conocido.

$$f(i^+) > f(i)$$

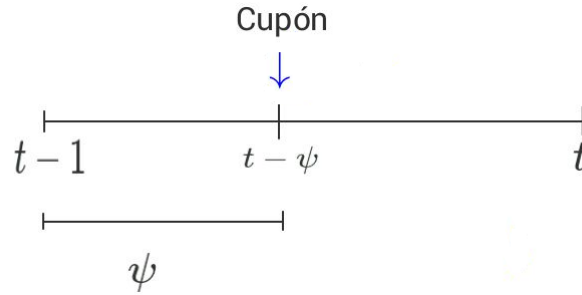
i^+ es una tasa que con la función Precio calcula un valor mayor al Precio del bono en t que es conocido.

$$0 < \psi < T$$

Días devengados

$$T = 30$$

Representa la medición mensual

FIGURA 5.13: Pago de cupón entre periodos: el pago se hizo en $t - \psi$

Una vez teniendo todas las tasas HPR asumimos que un periodo es mensual, por tanto $r_{t+1}^{(\tau)}$ es el retorno del bono con duración τ por haber retenido el bono a partir de t un mes, y denotamos :

$$r_{t+k,k}^{(\tau)} = \sum_{k'=1}^k r_{t+k'}^{(\tau-k'+1)} \quad (5.4)$$

Por tanto los retornos por periodos mayores a un mes es simplemente la suma acumulativa de los k periodos.

Capítulo 6

Resultados

6.1. Hipótesis 1

La hipótesis uno predice un coeficiente positivo para la regresión de las tasas internas de rendimiento y Δ_t , lo que significa que ante choques de oferta las tasas internas de rendimiento van a reaccionar en la misma dirección en la que sucedió el choque.

En el cuadro 6.1 se encuentran los resultados de $b_1^{(\tau)}$ para la regresión lineal correspondiente a la hipótesis 1, cabe mencionar que este coeficiente $b_1^{(\tau)}$ muestra la correlación que hay entre los niveles de tasa de interés interna para el bono τ y la medida de choques de oferta, el modelo de nuestra regresión es:

$$y_t^{(\tau)} = a + b_1^{(\tau)} DPV_t + cy_t^{(1)} + u_t$$

Acorde a la Hipótesis 1 la siguiente relación debe cumplirse:

$$b_1^{(\tau)} > 0 \forall \tau$$

. En la siguiente tabla presentamos el promedio de cada uno de los coeficientes obtenidos según su temporalidad. ¹

¹ Las observaciones son mensuales, se incluye a la tasa de corto plazo como variable control asumiendo que todos los bonos son medidos respecto a esta tasa, y por ello la tasa de interés interna del bono está correlacionada con la tasa de corto plazo.

	3 años	5 años	7 años	10 años	20 años	30 años
$b_1^{(\tau)}$	0.005601	0.00481	0.003655	0.005066	0.005735	0.01098

CUADRO 6.1: Coeficientes $b_1^{(\tau)}$

	23/01/03 (3)	22/01/04 (3)	02/09/04 (3)	02/12/04 (3)	12/05/05 (5)	29/12/05 (3)
DPV	0.00184** [3.31]	0.0105*** [10.21]	0.00880*** [10.34]	0.00729*** [12.59]	0.00459*** [11.84]	0.00180*** [9.65]
N	151	46	46	42	66	36
	02/03/06 (5)	24/08/06 (5)	28/12/06 (3)	08/03/07 (5)	27/12/07 (5)	24/12/08 (5)
DPV	0.00490*** [13.74]	0.00542*** [20.34]	0.00338*** [7.59]	0.00466*** [18.40]	0.00281*** [18.85]	0.00198*** [6.90]
N	48	65	36	64	59	59
	09/07/09 (7)	24/12/09 (7)	23/12/10 (7)	23/06/11 (5)	14/07/11 (10)	22/12/11 (7)
DPV	0.00416*** [21.31]	0.00289*** [15.19]	0.00321*** [10.37]	0.00173*** [4.19]	0.00388*** [41.12]	0.00213*** [5.02]
N	84	83	83	60	120	84
	21/06/12 (5)	20/12/12 (10)	20/06/13 (7)	19/12/13 (10)	19/06/14 (5)	18/12/14 (10)
DPV	0.00541*** [7.67]	0.00296*** [21.10]	0.00352*** [5.39]	0.00329*** [9.94]	0.00996*** [13.18]	0.00318*** [4.96]
N	60	117	75	105	39	93
	18/06/15 (5)	17/12/15 (10)	16/06/16 (5)	15/12/16 (10)	14/12/2017 (10)	13/12/18 (10)
DPV	0.00916*** [5.75]	0.00350*** [5.14]	0.00712** [3.51]	0.00548*** [5.03]	0.00906*** [15.70]	0.00948*** [17.32]
N	27	81	14	68	57	46
	11/06/20 (10)	10/06/21 (10)	07/12/23 (20)	05/12/24 (20)	03/06/27 (20)	31/05/29 (20)

Los datos entre corchetes son los estadísticos t

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

La distinción del bono contiene su fecha de vencimiento y entre paréntesis la temporalidad aproximada del mismo

CUADRO 6.2: Coeficientes $b_1^{(\tau)}$ Continuación

DPV	0.00912***	0.0193***	0.00266***	0.00314***	0.00307**	0.00669***
	[6.15]	[14.57]	[7.10]	[5.13]	[3.03]	[10.12]
N	32	21	108	93	69	46
	20/11/36 (30)	18/11/38 (30)				
DPV	0.00123	0.00590***				
	[1.40]	[8.94]				
N	72	46				

Los datos entre corchetes son los estadísticos t

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

La distinción del bono contiene su fecha de vencimiento y entre paréntesis la temporalidad aproximada del mismo

Algo importante para el modelo, es que los datos en su mayoría fueron significativos² y que el promedio de cada uno de los coeficientes fue positivo para todas las temporalidades. En la Gráfica 6.1 puede observarse que el coeficiente de regresión es positivo para todas las temporalidades y es mayor para temporalidades más grandes. Se puede decir entonces que el efecto clientela sobre las tasas de interés será mayor cuando la temporalidad del pedazo de mercado en el que influye el cliente es mayor³. Como conclusión diremos que la hipótesis 1 no se rechaza para los datos utilizados.

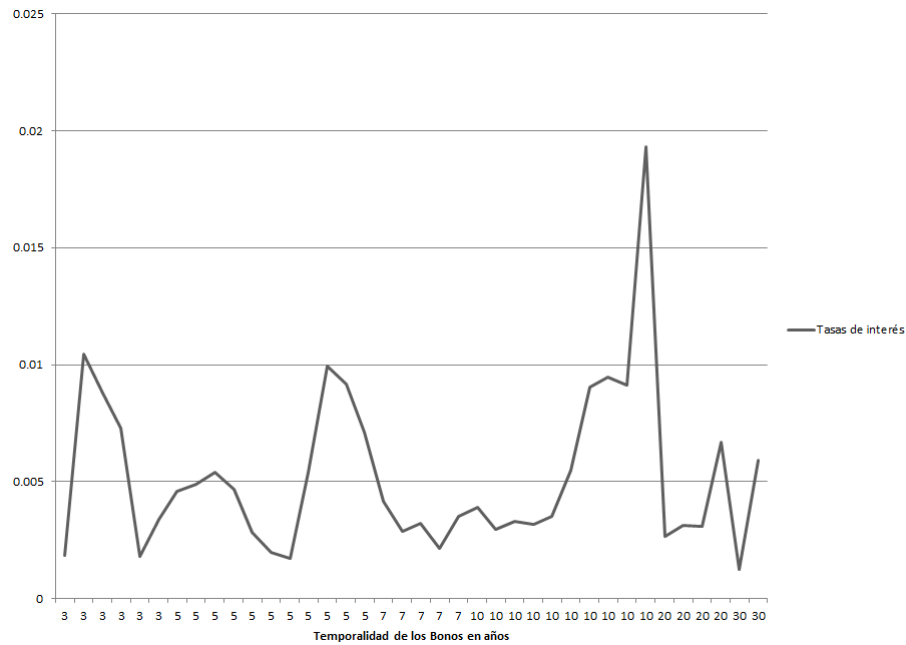


FIGURA 6.1: Coeficientes $b_1^{(\tau)}$ para las tasas de interés evolución por temporalidad

6.2. Hipótesis 2

Ahora corresponde analizar los resultados obtenidos sobre los Retornos. Según la Hipótesis 2, las tasas de retorno tienen una relación positiva con los movimientos de la oferta disponible y además es creciente con respecto a la temporalidad τ . Para entender la relación más claramente, supongamos que por una nueva regulación, los fondos de pensiones tuviesen la obligación de tener la mitad de su capital en activos más líquidos, específicamente en temporalidad menor a 5 años, lo que representaría un *choque de*

²La significancia de las estimaciones realizadas se sustenta por los valores del estadístico t, los cuales en problemas empíricos se consideran muy significativos a partir que toman valores mayores a 2.

³Se puede influir de forma positiva, liberando bonos, y de forma negativa, capturando bonos.

oferta positivo para las temporalidades altas pues las SIEFORES necesitarían vender sus activos de muy largo plazo para poder comprar bonos de corto plazo, este choque es absorbido por los arbitrajistas quienes comprarán los bonos disponibles a cambio de una *compensación positiva en las tasas de rendimientos futuros de estos bonos*. La función de regresión utilizada para probar esta hipótesis fué:

$$r_{t+1,1}^{(\tau)} = a + b_2^{(\tau)} DPV_t + cy_t^{(1)} + u_{t+k}$$

En la siguiente tabla presentamos el promedio de coeficiente obtenido por temporalidad, acorde a la Hipótesis 2, se debe cumplir que:

$$b_2^{(\tau)} > 0 \forall \tau$$

$$\frac{d}{d\tau} b_2^{(\tau)} > 0$$

Lo que significa que deben ser positivos y además estrictamente crecientes con respecto a τ .

	3 años	5 años	7 años	10 años	20 años	30 años
$b_2^{(\tau)}$	0.03144	0.02140	0.016143	0.05005	-0.0143375	0.0054

CUADRO 6.3: Coeficientes $b_2^{(\tau)}$

	23/01/03 (3)	22/01/04 (3)	02/09/04 (3)	02/12/04 (3)	12/05/05 (5)	29/12/05 (3)
DPV	0.00469	0.0360	0.0177	0.0176***	-0.0538**	0.105
	[1.00]	[1.60]	[1.65]	[3.76]	[-3.03]	[2.65]
N	151	46	46	42	66	36
	02/03/06 (5)	24/08/06 (5)	28/12/06 (3)	08/03/07 (5)	27/12/07 (5)	24/12/08 (5)
DPV	0.0253**	0.0179	0.00764	0.0351*	0.0244	0.00570
	[2.09]	[1.29]	[0.35]	[2.12]	[1.95]	[1.41]
N	48	65	36	64	59	59
	09/07/09 (7)	24/12/09 (7)	23/12/10 (7)	23/06/11 (5)	14/07/11 (10)	22/12/11 (7)
DPV	0.0169**	0.00872**	0.00326	0.0306	0.00979	0.0219
	[1.83]	[1.96]	[0.17]	[0.87]	[1.52]	[0.72]
N	84	83	83	60	120	84
	21/06/12 (5)	20/12/12 (10)	20/06/13 (7)	19/12/13 (10)	19/06/14 (5)	18/12/14 (10)
DPV	0.0118	0.00569	0.0299**	-0.000329	0.0517	0.0256
	[0.35]	[0.65]	[1.03]	[-0.02]	[1.80]	[0.81]
N	60	117	75	105	39	93
	18/06/15 (5)	17/12/15 (10)	16/06/16 (5)	15/12/16 (10)	14/12/2017 (10)	13/12/18 (10)
DPV	0.0684	0.0131	0.209	0.0303	0.0119	-0.0500
	[0.96]	[0.42]	[1.27]	[0.57]	[0.21]	[-1.70]
N	27	81	14	68	57	46

Los datos entre corchetes son los estadísticos t

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

La distinción del bono contiene su fecha de vencimiento y entre paréntesis la temporalidad aproximada del mismo

CUADRO 6.4: Coeficientes $b_2^{(\tau)}$ Continuación

	11/06/20 (10)	10/06/21 (10)	07/12/23 (20)	05/12/24 (20)	03/06/27 (20)	31/05/29 (20)
DPV	-0.0628 [-0.98]	0.0422 [0.72]	-0.0314 [-0.35]	0.0816** [1.90]	0.177** [2.41]	-0.0110 [-0.52]
N	46	72	46	32	21	108
	20/11/36 (30)	18/11/38 (30)				
DPV	0.00967 [0.25]	0.00678 [0.12]				
N	93	69				

Los datos entre corchetes son los estadísticos t

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

La distinción del bono contiene su fecha de vencimiento y entre paréntesis la temporalidad aproximada del mismo

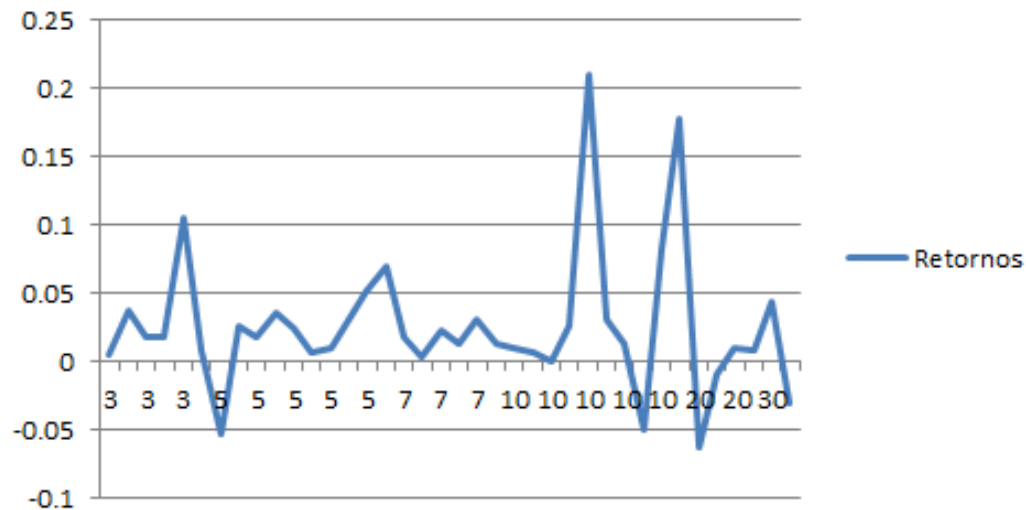


FIGURA 6.2: Coeficientes $b_2^{(\tau)}$ para las tasas de rendimiento, evolución por temporalidad

Aquí es donde nos enfrentamos con el primer problema, es notorio que el coeficiente es positivo para las temporalidades cortas, pero conforme crece el horizonte de inversión, el coeficiente de $b_2^{(\tau)}$ decrece, e incluso, para el promedio de la temporalidad 20 años es negativo. Esto nos da indicios de que la parte más riesgosa del mercado se encuentra en el corto plazo, pues es ahí donde notamos grandes cambios de rendimientos en temporalidades muy cercanas. Una posible explicación es que hay clientes importantes en la parte del corto plazo y son ellos los que están ocasionando estos amplios movimientos⁴. Como conclusión podemos decir que el mercado mexicano cumple parcialmente la hipótesis 2, dado que sí existe reacción positiva para el promedio de las temporalidades ante cambios de oferta, pero esta reacción decrece con la temporalidad.

6.3. Hipótesis 3

Esta hipótesis nos dice que el impacto de un choque de oferta es mayor a las tasas de rendimiento HPR que el impacto que reciben las tasas de interés al vencimiento. En la siguiente gráfica veremos como las tasas de rendimiento son más volátiles en cada periodo.

⁴en la Figura 3.6 vemos que gran parte del mercado de corto plazo está en manos extranjeras, lo que podría explicar este fenómeno

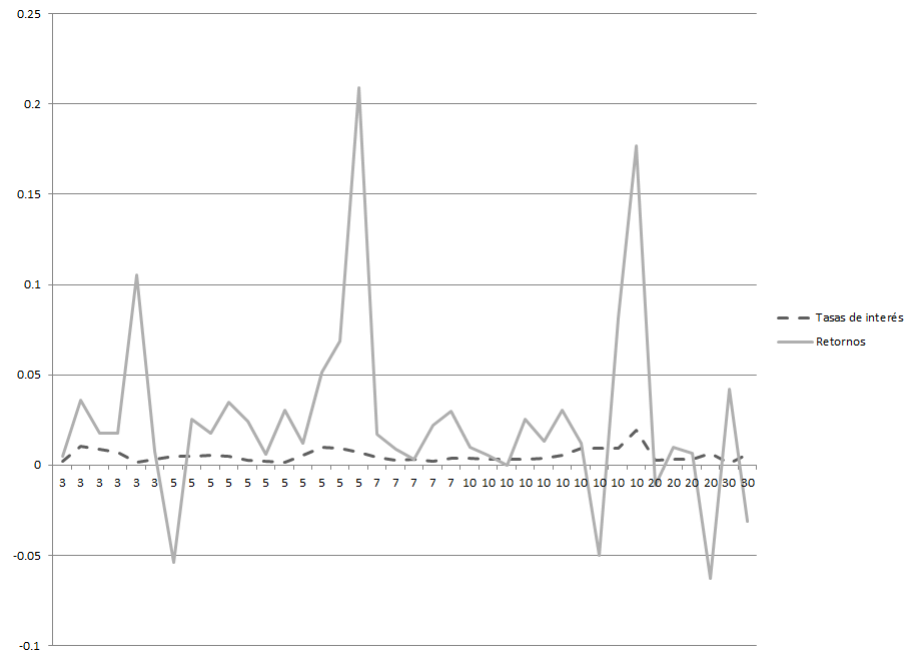


FIGURA 6.3: Comparación de coeficientes $b_1^{(\tau)}$ y $b_2^{(\tau)}$

En la siguiente tabla presentamos el promedio de coeficiente obtenido por temporalidad, acorde a la Hipótesis 3 la tasa de retornos es más sensible que la tasa de interés ante cambios en la oferta esto es:

$$(b_2^{(\tau)} - b_1^{(\tau)}) \geq 0$$

Con respecto a nuestros datos, estas diferencias tienen una desviación estándar de 0.0516 con un p-value de 0.01696 . Observamos que para las temporalidades más grandes las diferencias son menores, incluso para el bono con temporalidad de 20 y 30 años la relación se vuelve negativa. En conclusión la tercera hipótesis es no rechazada al promedio.

	3 años	5 años	7 años	10 años	20 años	30 años
$b_2^{(\tau)} - b_1^{(\tau)}$ ⁵	0.02584	0.01659	0.01248	0.04498	-0.02007	-0.00558

El resultado de las 3 hipótesis anteriores sugiere que el efecto clientela si está presente dentro del mercado y tiene influencia en la valuación de los bonos de todo el mercado. Al mismo tiempo hemos visto que la sensibilidad más grande para el mercado de bonos mexicano está en el corto plazo y se va estabilizando conforme la temporalidad aumenta, dicha sensibilidad sugiere que los arbitrajistas se aglomeran en el corto plazo y la tratan de explotar al máximo antes de que se alcance un equilibrio.

6.4. Hipótesis 4

Por último la hipótesis 4 dice que los movimientos no uniformes de tasas ante los choques de oferta, son dados por la aversión al riesgo que presenta el arbitrajista. Dentro del modelo utilizamos una función de utilidad de la forma CRRA en la cual la aversión relativa al riesgo es constante, sin embargo, se sugiere un análisis de estática comparativa para probar que la reacción ante cambios en la riqueza del arbitrajista comprueba existencia de aversión al riesgo⁶. Para este análisis se trabajó con dos periodos, el tiempo t ; riqueza actual y el tiempo $(t-1)$; riqueza anterior con la siguiente ecuación:

$$r_{t+k,k}^{(LP)} = a + b(DPV_t) + c(y_t^{(LP)} - y_t^{(1)}) + d\Delta W_t^{Arb}(DPV_t) + e\Delta W_t^{Arb}(y_t^{(LP)} - y_t^{(1)}) + f y_t^{(1)} + u_{t+k} \quad (6.1)$$

Donde el cambio en la riqueza lo medimos de dos formas alternativas:

$$\Delta W_{1t}^{Arb} = (y_{t-1}^{(\tau)} - y_{t-1}^{(1)})(r_t^{(\tau)} - y_{t-1}^{(1)})$$

$$\Delta W_{2t}^{Arb} = DPV_t(r_t^{(\tau)} - y_{t-1}^{(1)})$$

Es decir ΔW_{1t}^{Arb} representa el estado de riqueza que tenía el arbitrajista en el periodo pasado, basado en la pendiente de la curva de estructura de tasas (TSR). Entonces un movimiento en la riqueza está determinado por la interacción entre la pendiente de la TSR⁷ y el exceso de retorno entre t y $t-1$. La interacción indica que, para que la riqueza del arbitrajista aumente, es necesario que ambos sean positivos o negativos, y el cambio en la pendiente de la TSR de positiva a negativa⁸ es perjudicial para el arbitrajista.

ΔW_{2t}^{Arb} representa el estado de riqueza del arbitrajista en $t-1$ basado en el nivel de oferta disponible de bonos. En esta medida el signo del movimiento en la riqueza sólo está dado

⁶Medimos cambios en la riqueza del arbitrajista relacionandolos a cambios en la pendiente de la estructura de tasas

⁷ entre la tasa de corto plazo y la tasa del bono con temporalidad τ en el tiempo $t-1$.

⁸Recordamos que la pendiente da la relación entre tasas de distintas temporalidades, una pendiente negativa indica que las tasas de interés para las temporalidades cortas son mayores a las tasas de interés para las temporalidades largas.

por el exceso de retorno entre t y $t-1$.

Acorde a la Hipótesis 4, debe cumplirse que los coeficientes $d, e \leq 0$ y al mismo tiempo $b, c \geq 0$, es decir, el comportamiento esperado de los coeficientes es que los movimientos en la oferta (DPV) estén positivamente correlacionados con las tasas de retorno a largo plazo, se espera la misma reacción para la pendiente de la TSR y al mismo tiempo se espera que las interacciones tengan una correlación negativa⁹.

Se hizo una regresión para 5 bonos de muy largo plazo, 20 y 30 años, y los resultados muestran un comportamiento contrario al esperado, la justificación podría ser que los agentes muestran aversión al riesgo negativa, es decir son amantes al riesgo lo cual se refleja en las tasas de rendimiento. En conclusión esta hipótesis definitivamente se rechaza pues el comportamiento observado es el contrario al ya dicho por la teoría.

⁹En otras palabras, la interacción $\Delta W_t^{Arb} \left(\frac{DPV}{PIB} \right)_t$ o $\Delta W_t^{Arb} (y_t^{(LT)} - y_t^{(1)})$ prácticamente solo dejará al exceso de rendimiento y éste se espera tenga una correlación negativa. Esta correlación puede intuirse si se analiza el efecto precios, pues si hay exceso de rendimiento en un bono, éste se vuelve atractivo y los arbitrajistas querrán comprarlo, el aumento de la demanda de los bonos se refleja en un incremento de precios lo que bajará las tasas de retorno de los bonos.

CUADRO 6.5: Resultados de 6 regresiones del Bono: 07/12/23 (20)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
DPV (b)	-0.0110 [-0.52]	-0.0175 [-0.69]	0.0245*** [4.51]			
$y_t^{(1)}$ (f)	1.844 [0.52]	-0.874 [-0.20]	0.201 [0.17]	-4.275 [-1.38]	-3.813 [-1.51]	4.624* [2.45]
$\Delta W_{1t}^{Arb} \left(\frac{DPV}{PIB} \right)_t$ (d)		4.901* [2.30]				
$\Delta W_{2t}^{Arb} \left(\frac{DPV}{PIB} \right)_t$ (d)			0.0324*** [19.11]			
$(y_t^{(LT)} - y_t^{(1)})$ (c)				-9.908* [-2.31]	-11.10** [-2.87]	0.587 [0.22]
$\Delta W_{1t}^{Arb}(y_t^{(LT)} - y_t^{(1)})$ (e)					1046.9*** [6.12]	
$\Delta W_{2t}^{Arb}(y_t^{(LT)} - y_t^{(1)})$ (e)						10.37*** [10.33]
N	108	108	108	108	108	108

Los datos entre corchetes son los estadísticos t

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

La distinción del bono contiene su fecha de vencimiento
y entre paréntesis la temporalidad aproximada del mismo

CUADRO 6.6: Resultados de 6 regresiones del Bono: 03/06/27 (20)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
DPV (b)	0.00678 [0.12]	-0.00146 [-0.02]	0.00654 [0.14]			
$y_t^{(1)}$ (f)	-1.818 [-0.27]	0.173 [0.02]	0.560 [0.18]	-13.44* [-2.16]	-8.406 [-1.61]	-2.789 [-0.91]
$\Delta W_{1t}^{Arb} \left(\frac{DPV}{PIB} \right)_t$ (d)		4.561 [1.66]				
$\Delta W_{2t}^{Arb} \left(\frac{DPV}{PIB} \right)_t$ (d)			0.0325*** [10.54]			
$(y_t^{(LT)} - y_t^{(1)})$ (c)				-16.38** [-2.82]	-13.48** [-3.00]	-7.083* [-2.32]
$\Delta W_{1t}^{Arb}(y_t^{(LT)} - y_t^{(1)})$ (e)					860.9** [3.13]	
$\Delta W_{2t}^{Arb}(y_t^{(LT)} - y_t^{(1)})$ (e)						9.522*** [10.35]
N	69	69	69	69	69	69

Los datos entre corchetes son los estadísticos t

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

La distinción del bono contiene su fecha de vencimiento
y entre paréntesis la temporalidad aproximada del mismo

CUADRO 6.7: Resultados de 6 regresiones del Bono: 31/05/29 (20)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
DPV (d)	-0.0628 [-0.98]	-0.0969* [-2.06]	-0.0417 [-1.13]			
$y_t^{(1)}$ (f)	13.35 [0.83]	25.79 [1.45]	4.267 [0.94]	-2.176 [-0.15]	8.775 [0.53]	4.067 [0.74]
$\Delta W_{1t}^{Arb} \left(\frac{DPV}{PIB} \right)_t$ (d)		7.233*** [4.99]				
$\Delta W_{2t}^{Arb} \left(\frac{DPV}{PIB} \right)_t$ (d)			0.0400*** [10.09]			
$(y_t^{(LT)} - y_t^{(1)})$ (c)				-17.81* [-2.62]	-13.07** [-3.08]	-8.871* [-2.31]
$\Delta W_{1t}^{Arb}(y_t^{(LT)} - y_t^{(1)})$ (e)					854.2*** [6.20]	
$\Delta W_{2t}^{Arb}(y_t^{(LT)} - y_t^{(1)})$ (e)						8.506*** [8.55]
N	46	46	46	46	46	46

Los datos entre corchetes son los estadísticos t

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

La distinción del bono contiene su fecha de vencimiento
y entre paréntesis la temporalidad aproximada del mismo

CUADRO 6.8: Resultados de 6 regresiones del Bono: 20/11/36 (30)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
DPV (b)	0.0422 [0.72]	0.0307 [0.53]	-0.00130 [-0.03]			
$y_t^{(1)}$ (f)	-7.376 [-1.16]	-4.107 [-0.66]	-1.885 [-0.40]	-24.64** [-2.83]	-15.85* [-2.22]	-6.154 [-1.55]
$\Delta W_{1t}^{Arb} \left(\frac{DPV}{PIB} \right)_t$ (d)		8.022*** [4.36]				
$\Delta W_{2t}^{Arb} \left(\frac{DPV}{PIB} \right)_t$ (d)			0.0378*** [7.87]			
$(y_t^{(LT)} - y_t^{(1)})$ (c)				-24.35** [-2.94]	-17.97** [-2.71]	-8.041 [-1.88]
$\Delta W_{1t}^{Arb}(y_t^{(LT)} - y_t^{(1)})$ (e)					760.4*** [5.67]	
$\Delta W_{2t}^{Arb}(y_t^{(LT)} - y_t^{(1)})$ (e)						8.280*** [10.28]
N	72	72	72	72	72	72

Los datos entre corchetes son los estadísticos t

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

La distinción del bono contiene su fecha de vencimiento
y entre paréntesis la temporalidad aproximada del mismo

CUADRO 6.9: Resultados de 6 regresiones del Bono: 18/11/38 (30)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
DPV (b)	-0.0314 [-0.35]	-0.0677 [-0.95]	-0.00942 [-0.15]			
$y_t^{(1)}$ (f)	5.011 [0.27]	18.26 [0.86]	-4.480 [-0.66]	-6.438 [-0.36]	4.748 [0.26]	4.963 [0.68]
$\Delta W_{1t}^{Arb} \left(\frac{DPV}{PIB} \right)_t$ (d)		7.708*** [3.58]				
$\Delta W_{2t}^{Arb} \left(\frac{DPV}{PIB} \right)_t$ (d)			0.0418*** [6.37]			
$(y_t^{(LT)} - y_t^{(1)})$ (c)				-13.41 [-1.16]	-9.801 [-1.56]	-6.508 [-1.06]
$\Delta W_{1t}^{Arb}(y_t^{(LT)} - y_t^{(1)})$ (e)					735.9*** [10.55]	
$\Delta W_{2t}^{Arb}(y_t^{(LT)} - y_t^{(1)})$ (e)						7.342*** [9.91]
N	46	46	46	46	46	46

Los datos entre corchetes son los estadísticos t

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

La distinción del bono contiene su fecha de vencimiento
y entre paréntesis la temporalidad aproximada del mismo

Capítulo 7

Conclusión

El modelo de Hábitat Preferido parece no ajustarse completamente al comportamiento del mercado de bonos mexicano al contrario de lo encontrado por [Greenwood \(2012\)](#) para el mercado de bonos de EUA, sin embargo nos deja un aprendizaje importante sobre el efecto que tienen los grandes clientes (SIEFORES) en las tasas de interés. En el Apéndice [A](#) se incluyeron dos gráficas que comparan la sensibilidad de las tasas, una con respecto a toda la oferta de bonos y otra con respecto a la oferta disponible de bonos. El mensaje es claro, al quitar a los clientes con preferencias de una temporalidad, aumentamos la sensibilidad de las tasas de interés. Será importante tratar de analizar a los agentes en el mercado como un grupo heterogéneo con distintos gustos o preferencias para trabajos sobre el mercado de Bonos mexicano, esta podría ser la explicación de por qué se ha llegado a resultados negativos en análisis anteriores.

Este trabajo es pionero en México al estudiar el efecto que tienen los grandes clientes sobre las tasas de interés y rendimientos, este efecto se puede comparar incluso con la emisión de bonos (tarea exclusiva del Banco de México). El efecto para las tasas de interés es moderado pero significativo, el efecto para las tasas de rendimiento tiene mayor volatilidad pero es positivo en el promedio de todas las temporalidades.

Dentro del trabajo analizamos las características del resto de los agentes “arbitrajistas” que intentan aprovechar diferencias en tasas para maximizar su bienestar. Es importante notar que, las temporalidades en las que SIEFORES tiene un porcentaje mayor de bonos,

son parte de los bonos con menor sensibilidad ante cambios en la oferta, la parte más sensible de la estructura de tasas de rendimiento se encuentra en los bonos de corto plazo, un porcentaje alto de estas temporalidades pertenece a la inversión extranjera, ésto hace frágil al mercado. Es claro que el capital extranjero está en nuestro mercado porque el mercado mexicano de bonos ha pasado por cambios estructurales importantes, que lo han hecho al día de hoy estable, pero la razón más importante aún es que se encuentran aquí porque las tasas de mercado de bonos de EUA se encuentran muy bajas en estos momentos pero, ¿Que pasará cuando las tasas se restrablezcan en EUA?.

Con respecto al estudio del mercado de bonos mexicano, aún falta mucho por hacer. La Hipótesis 4 fué totalmente rechazada tal vez a falta de un estimador adecuado de los movimientos de la riqueza, un modelo más adecuado para los clientes del mercado mexicano podría hacer la diferencia y así demostrar la aversión al riesgo de los arbitrajistas. Actualmente la limitante más grande es que el mercado es relativamente nuevo, estamos en tiempos no ordinarios por el comportamiento de las tasas de interés internacionales, se cuentan con pocos años de análisis aunado a que los bonos de muy largo plazo son escasos y muy nuevos. Se deja para futuras investigaciones estudiar el efecto clientela dentro del mercado de bonos mexicano con el mercado de largo plazo consolidado.

Capítulo 8

Bibliografía

- Castellanos, S. y. Martinez (2008). *“Development of the Mexican Bond Market”*, en Borensztein, E., K. Cowan, B. Eichengreen and U. Panizza, *Bond Markets in Latin America: On the Verge of a Big Bang?*, MIT Press.
- Culbertson, J. M. (1957). *“The term structure of interest rates”*, Quarterly Journal of Economics, no. 71, pp. 485-517.
- Elizondo, R. (2012). *“Estimaciones del pib mensual basadas en el IGAE”*. Banco de México Working Papers, 2012-11, pp. 1-67.
- Garcia-Verdú, S. (2011). *“Algunas consideraciones sobre la estructura temporal de tasas de interés del gobierno en México”*. Banco de México Working Papers, 2011-18, pp.1-38.
- Greenwood, R. y Vayanos (2010). *“Price pressure in the government bond market”*, American Economic Review, papers and proceedings, no. 100, pp. 585-590.
- Greenwood, R. y Vayanos (2012). *“Bond Supply and Excess Bond Returns”*, Working Paper Harvard Business School.
- Hicks, J. R. (1946). *“Value and capital : an inquiry into some fundamental principles of economic theory.”*, 2 ed.. Oxford: Clarendon, pp. 340.
- Modigliani, F. y Sutch (1966). *“Innovations in interest-rate policy”*, American Economic Review, no. 56, pp. 178-197.

- Rodríguez Martínez, Raul A. (2012), *“Mexican fixed income market analysis: The term structure of interest rates and expectations hypothesis”*, Tesis de Maestría. El Colegio de México, México D.F., pp. 64
- Veronesi, P. (2010). *“Fixed Income Securities: Valuation, Risk, and Risk Management”*. John Wiley and Sons. Inc, 805 pp.
- Vila, J.-L. y Vayanos (2009). *“Bond Supply and Bond Returns”*, Working Paper, Harvard Business School.

Apéndice A

Tablas y gráficas

CUADRO A.1: Resumen de Datos

Variable	Media	SD	Min.	Max.	Observaciones
DPV	10.038	5.517	2.524	20.766	151
M_t	5.94	1.238	4.520	8.509	151
$y_t^{(1)}$	0.073	0.031	0.038	0.181	151
$y_t^{(3)}$	0.076	0.033	0.042	0.183	151
$y_t^{(6)}$	0.079	0.033	0.043	0.179	151
$y_t^{(12)}$	0.081	0.034	0.044	0.178	151
WArb1	0.005	0.009	-0.021	0.033	150
WArb2	-0.511	1.676	-6.429	4.883	150

En los Cuadros A.3 y A.4 distinguimos a cada bono acorde a su fecha de vencimiento y temporalidad, la temporalidad expresada es aproximada a la verdadera, pues estas suelen variar. Algunos bonos que aparecen en el cuadro A.2 no entraron el análisis por falta de datos, por tanto no están en los cuadros A.3 y A.4

CUADRO A.2: Características de los Bonos M

Fecha de vencimiento	Temporalidad Aproximada (años)	Inicio	Tasa cupon
23/01/2003	3	27/01/2000	16
22/01/2004	3	01/11/2000	14
02/09/2004	3	26/04/2001	14
02/12/2004	3	06/12/2001	10.5
12/05/2005	5	25/05/2000	14.5
29/12/2005	3	02/01/2003	9
02/03/2006	5	15/03/2001	13.5
24/08/2006	5	30/08/2001	10.5
28/12/2006	3	31/12/2003	8
08/03/2007	5	14/03/2002	9.5
27/12/2007	5	16/01/2003	9
24/12/2008	5	15/01/2004	8
09/07/2009	7	18/07/2002	9
24/12/2009	7	02/01/2003	9
23/12/2010	7	31/12/2003	8
23/06/2011	5	27/07/2006	8.5
14/07/2011	10	26/07/2001	10.5
22/12/2011	7	30/12/2004	9
21/06/2012	5	26/07/2007	7.5
20/12/2012	10	09/01/2003	9
20/06/2013	7	13/07/2006	9
19/12/2013	10	08/01/2004	8
19/06/2014	5	23/07/2009	7
18/12/2014	10	30/12/2004	9.5
18/06/2015	5	08/07/2010	6
17/12/2015	10	05/01/2006	8
16/06/2016	5	28/07/2011	6.25
15/12/2016	10	01/02/2007	7.25
15/06/2017	5	20/07/2012	5
14/12/2017	10	31/01/2008	7.75
13/12/2018	10	12/02/2009	8.5
11/06/2020	10	25/02/2010	8
10/06/2021	10	03/02/2011	6.5
09/06/2022	10	23/02/2012	6.5
07/12/2023	20	30/10/2003	8
05/12/2024	20	30/12/2004	10
03/06/2027	20	18/01/2007	7.5
31/05/2029	20	15/01/2009	8.5
29/05/2031	20	15/09/2011	7.75
20/11/2036	30	26/10/2006	10
18/11/2038	30	29/01/2009	8.5
13/11/2042	31	20/04/2012	7.75

CUADRO A.3: Resumen de Datos, Tasas de interés

Tasas de interés $y_t^{(\tau)}$					
Fecha de Vencimiento	Temporalidad Aproximada (años)	Media	SD	Min.	Max
23/01/03	3	0.005	0.019	0.0695	0.096
22/01/04	3	0.033	0.054	0.0458	0.169
02/09/04	3	0.028	0.047	0.0515	0.161
02/12/04	3	0.023	0.04	0.0535	0.135
29/12/05	3	0.02	0.036	0.0572	0.098
28/12/06	3	0.019	0.035	0.065	0.1
12/05/05	5	0.042	0.051	0.0602	0.156
02/03/06	5	0.025	0.038	0.058	0.103
24/08/06	5	0.037	0.044	0.068	0.142
08/03/07	5	0.033	0.04	0.057	0.114
27/12/07	5	0.031	0.039	0.069	0.1
24/12/08	5	0.032	0.04	0.0718	0.101
23/06/11	5	0.025	0.033	0.03523	0.086
21/06/12	5	0.024	0.031	0.04605	0.087
19/06/14	5	0.015	0.026	0.043	0.074
18/06/15	5	0.01	0.021	0.043976	0.068
16/06/16	5	0.005	0.015	0.043	0.055
09/07/09	7	0.038	0.036	0.04202	0.107
24/12/09	7	0.044	0.041	0.043	0.102
23/12/10	7	0.041	0.039	0.04325	0.102
22/12/11	7	0.038	0.037	0.04406	0.104
20/06/13	7	0.033	0.034	0.04406	0.091
14/07/11	10	0.058	0.035	0.04481	0.118
20/12/12	10	0.057	0.035	0.04594	0.104
19/12/13	10	0.052	0.037	0.04692	0.105
18/12/14	10	0.045	0.037	0.04677	0.106
17/12/15	10	0.038	0.037	0.04989	0.091
15/12/16	10	0.031	0.036	0.04853	0.091
14/12/17	10	0.026	0.035	0.04918	0.091
13/12/18	10	0.021	0.032	0.05033	0.09
11/06/20	10	0.014	0.027	0.05119	0.077
10/06/21	10	0.009	0.022	0.05213	0.076
07/12/23	20	0.059	0.039	0.05253	0.111
05/12/24	20	0.049	0.04	0.05278	0.11
03/06/27	20	0.035	0.039	0.05678	0.091
31/05/29	20	0.023	0.036	0.5863	0.09
20/11/36	30	0.038	0.04	0.05987	0.092
18/11/38	30	0.024	0.037	0.06234	0.092

CUADRO A.4: Resumen de Datos, Tasas de Rendimiento

Tasas de Rendimiento $r_{t+1}^{(\tau)}$					
Fecha de Vencimiento	Temporalidad Aproximada (años)	Media	SD	Min.	Max
23/01/03	3	0.009	0.125	-0.743	1.045
22/01/04	3	0.045	0.137	-0.667	0.932
02/09/04	3	0.031	0.144	-0.813	0.895
02/12/04	3	0.029	0.068	-0.123	0.325
12/05/05	5	0.103	0.241	-0.102	0.99
29/12/05	3	0.029	0.143	-0.469	1.15
28/12/06	3	0.022	0.079	-0.132	0.816
02/03/06	5	0.036	0.116	-0.143	1.146
24/08/06	5	0.052	0.241	-0.746	1.081
08/03/07	5	0.061	0.183	-0.208	1.17
27/12/07	5	0.043	0.127	-0.251	1.154
24/12/08	5	0.035	0.098	-0.219	0.893
23/06/11	5	0.039	0.118	-0.38	0.947
21/06/12	5	0.038	0.109	-0.182	0.926
19/06/14	5	0.025	0.084	-0.121	0.84
18/06/15	5	0.017	0.076	-0.121	0.711
16/06/16	5	0.01	0.092	-0.365	0.621
15/06/17	5	0.004	0.049	0	0.599
09/07/09	7	0.059	0.151	-0.267	1.184
24/12/09	7	0.053	0.211	-0.465	0.87
23/12/10	7	0.051	0.133	-0.348	0.962
20/06/13	7	0.046	0.123	-0.254	0.971
22/12/11	7	0.059	0.213	-0.463	1.109
14/07/11	10	0.08	0.197	-0.423	0.98
20/12/12	10	0.074	0.215	-0.501	0.681
19/12/13	10	0.066	0.214	-0.571	0.997
18/12/14	10	0.069	0.232	-0.494	1.138
17/12/15	10	0.055	0.199	-0.444	0.968
15/12/16	10	0.048	0.241	-0.818	0.926
14/12/17	10	0.043	0.24	-0.889	0.979
13/12/18	10	0.055	0.18	-0.337	1.08
11/06/20	10	0.033	0.175	-0.561	0.950
10/06/21	10	0.033	0.146	-0.393	0.911
09/06/22	10	0.014	0.086	-0.125	0.765
05/12/24	10	0.083	0.304	-0.745	1.049
07/12/23	20	0.088	0.361	-1.003	1.084
03/06/27	20	0.061	0.276	-0.892	1.102
31/05/29	20	0.052	0.252	-1.085	1.08
29/05/31	20	0.023	0.152	-0.541	0.903
20/11/36	30	0.054	0.315	-1.191	1.092
18/11/38	30	0.038	0.298	-1.339	1.183
13/11/42	30	0.017	0.137	-0.33	0.979

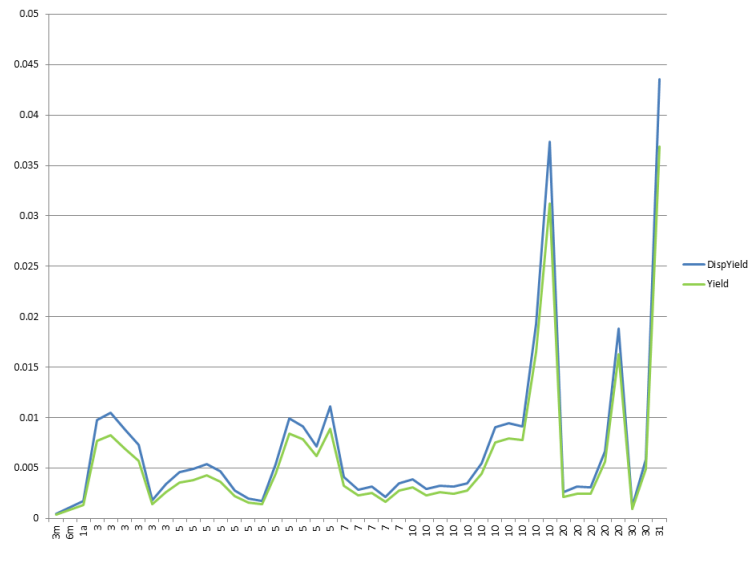


FIGURA A.1: Se corrió la regresión para algunos bonos utilizando como variable independiente a la oferta total de bonos, la comparación es importante pues el mercado disponible tiene coeficientes mayores al mercado total, lo que indica que las tasas de interés se vuelven más sensibles al quitar a los clientes (SIEFORES)

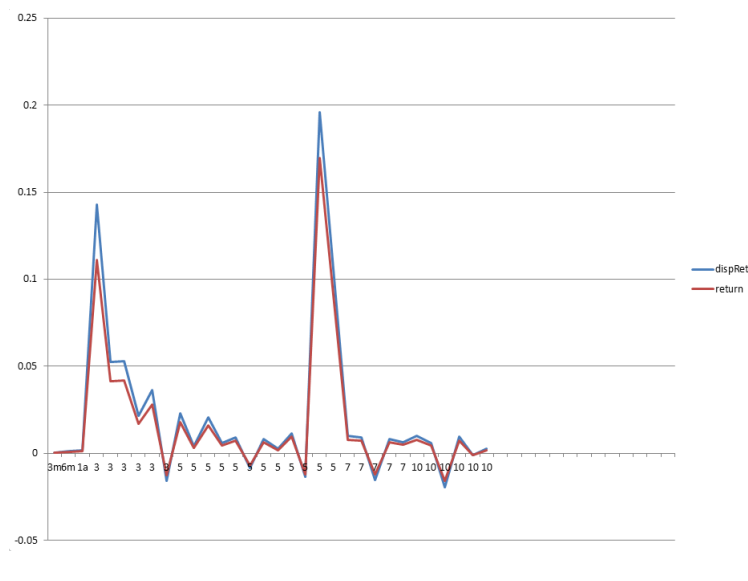


FIGURA A.2: Se corrió la regresión para algunos bonos utilizando como variable independiente a la oferta total de bonos, la comparación es importante pues el mercado disponible tiene coeficientes mayores al mercado total, lo que indica que las tasas de rendimiento se vuelven más sensibles al quitar a los clientes (SIEFORES)

Apéndice B

Pruebas de proposiciones teóricas

Para las siguientes demostraciones es importante recordar las definiciones dadas en el capítulo 4:

$$y_t^{(\tau)} = \frac{-\log P_t^{(\tau)}}{\tau}$$

$$s_t^{(\tau)} = \zeta(\tau) + \theta(\tau)\beta_t$$

$$d\beta_t = -\kappa_b\beta_t dt + \sigma_\beta dB_{\beta,t}$$

$$dr_t = -\kappa_r(\bar{r} - r_t)dt + \sigma_r dB_{r,t}$$

$$x_t^{(\tau)} = s_t(\tau)$$

Teorema 1. *Las funciones $A_r(\tau)$ y $A_\beta(\tau)$ están dadas por las funciones:*

$$A_r(\tau) = \frac{1 - \exp^{-\kappa_r T}}{\kappa_r} \tag{B.1}$$

$$A_\beta(\tau) = \frac{Z}{\kappa_r} \left(\frac{1 - e^{-\hat{\kappa}_\beta T}}{\hat{\kappa}_\beta} - \frac{e^{-\kappa_r T} - e^{-\hat{\kappa}_\beta T}}{\hat{\kappa}_\beta - \kappa_r} \right) \quad (\text{B.2})$$

Donde:

$$Z \equiv \gamma \sigma_r^2 I_r \quad (\text{B.3})$$

$$I_r \equiv \int_0^T \frac{1 - e^{-\kappa_r \tau}}{\kappa_r} \theta(\tau) d\tau \quad (\text{B.4})$$

$$\hat{\kappa}_\beta = \kappa_\beta - \gamma^2 \sigma_r^2 \sigma_\beta^2 I_r \int_0^T \frac{1}{\kappa_r} \left(\frac{1 - e^{-\hat{\kappa}_\beta \tau}}{\hat{\kappa}_\beta} - \frac{e^{-\kappa_r \tau} - e^{-\hat{\kappa}_\beta \tau}}{\hat{\kappa}_\beta - \kappa_r} \right) \theta(\tau) d\tau \quad (\text{B.5})$$

Las funciones $A_r(\tau)$ y $A_\beta(\tau)$ dadas por las ecuaciones B.2 y B.1 son positivas y crecientes en τ .

Ahora mostraremos heurísticamente las 4 proposiciones principales:

Proposición 4.1 *Un choque de oferta β_t mueve las tasas de interés de todos los bonos $y_t^{(\tau)}$ en la misma dirección que el choque. Mas aún la forma de la curva puede ser creciente o en forma de U inversa.*

Demostración:

Sea la tasa interna de rendimiento de un bono con temporalidad τ

$$y_t^{(\tau)} \equiv -\frac{P_t^{(\tau)}}{\tau} = \frac{A_r(\tau)r_t + A_\beta(\tau)\beta_t + C(\tau)}{\tau} \quad (\text{B.6})$$

Entonces el efecto de un choque β_t se expresa:

$$\frac{\partial y_t^{(\tau)}}{\partial \beta_t} = \frac{A_\beta(\tau)}{\tau} > 0 \quad (\text{B.7})$$

Dado que la función $A_\beta(\tau)$ es positivo, el efecto B.7 es positivo

■

Proposición 4.2 *Un choque de oferta β_t mueve las tasa de retorno de todos los bonos $r_{t+k}^{(\tau)}$ en la misma dirección que el choque.*

Demostración:

Sustituyendo $x_t^{(\tau)}$ de las ecuaciones 4.4 y 4.10 en la ecuación 4.9 obtenemos:

$$\lambda_{i,t} \equiv \gamma \sigma_i^2 \int_0^T [\zeta(\tau) + \theta(\tau)\beta_t] A_i(\tau) d\tau \quad (\text{B.8})$$

En las ecuaciones 4.8 y B.8 implican que el efecto de un choque de oferta β_t en el retorno esperado de un bono con temporalidad τ es:

$$\frac{\partial \mu_t^{(\tau)}}{\partial \beta_t} = \gamma \sigma_r^2 A_r(\tau) \int_0^T A_r(\tau) \theta(\tau) d\tau + \gamma \sigma_r^2 A_\beta(\tau) \int_0^T A_\beta(\tau) \theta(\tau) d\tau > 0 \quad (\text{B.9})$$

Dado que las funciones $A_r(\tau)$ y $A_\beta(\tau)$ son positivas y crecientes, la integral en B.9 es positiva. Junto con la propiedad de las funciones $A_r(\tau)$ y $A_\beta(\tau)$ que son positivas y crecientes en τ , el efecto B.9 es positivo y creciente en τ .

■

Proposición 4.3 *Un choque de oferta β_t tiene un efecto mayor en las tasas de retorno esperadas $r_{t+k}^{(\tau)}$ que en las tasas interna de rendimiento $y_t^{(\tau)}$.*

Demostración

De la igualdad de $\mu_t^{(\tau)}$ cuando se resuelva a $\frac{dP_t^{(\tau)}}{P_t^{(\tau)}}$ por el lema de Ito, se llega a que:

$$\kappa_\beta A_\beta(\tau) + A'_\beta(\tau) = \gamma \sigma_r^2 A_r(\tau) \int_0^T A_r(\tau) \theta(\tau) d\tau + \gamma \sigma_r^2 A_\beta(\tau) \int_0^T A_\beta(\tau) \theta(\tau) d\tau \quad (\text{B.10})$$

La derivada de $A_\beta(\tau)$ cumple la siguiente desigualdad:

$$A'_\beta(\tau) \geq Z \left(\frac{1 - e^{-\hat{\kappa}_\beta T}}{\kappa_\beta} \right) > 0 \quad (\text{B.11})$$

De las ecuaciones B.9 y B.10 implica que:

$$A_\beta(\tau) = \int_0^T \frac{\partial \mu_t^{\hat{\tau}}}{\partial \beta_t} e^{-\kappa_\beta(\tau - \hat{\tau})} d\hat{\tau} < \frac{\partial \mu_t^{\hat{\tau}}}{\partial \beta_t} \frac{1 - e^{-\kappa_\beta \tau}}{\kappa_\beta} \quad (\text{B.12})$$

La desigualdad viene de la Proposición 2 la cual implica que $\frac{\partial \mu_t^{(\tau)}}{\partial \beta_t}$ es creciente en τ

Combinando las ecuaciones de Proposiciones 1 y 2 encontramos la siguiente desigualdad.

$$\frac{\partial y_t^{(\tau)}}{\partial \beta_t} < \frac{\partial \mu_t^{\hat{\tau}}}{\partial \beta_t} \frac{1 - e^{-\kappa_\beta \tau}}{\kappa_\beta \tau} < \frac{\partial \mu_t^{\hat{\tau}}}{\partial \beta_t}$$

Donde la segunda desigualdad es derivada dado que $\kappa_\beta > 0$, por tanto el efecto de un choque de oferta es mayor para el retorno esperado que en la tasa interna de retorno.

■

Proposición 4.4 *El efecto de un choque de demanda β_t en $r_{t+k}^{(\tau)}$ es creciente respecto a la aversión al riesgo γ del arbitrajista.*

Demostración:

Dado que el lado derecho de la ecuación B.5 es decreciente en γ , la solución mas grande para $\hat{\kappa}_\beta$ es decreciente en γ , además de la ecuación B.9 vemos que el efecto de β_t sobre el retorno esperado es directamente proporcional a la aversión al riesgo del arbitrajista γ .