



Información Contendida En La Estructura Temporal De Tasas De Interés

SEMINARIO PARA OPTAR AL TÍTULO INGENIERO COMERCIAL MENCIÓN ADMINISTRACIÓN

AUTORES

Felipe Jorge Bolton Valdivia

Cesar Antonio Santana Moya

Profesor Guía: Franco Parisi Fernández

Santiago. Enero 2007

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCION

CAPITULO 1. Conceptos básicos

- 1.1. Curva de rendimiento
- 1.2. Bonos
- 1.3. Duración
- 1.4. Tasas forward
- 1.5. Estimación de la curva de rendimiento

CAPITULO 2. Interpretación de la curva de rendimiento

- 2.1 Estructura teórica de la curva de rendimiento
 - 2.1.1 Hipótesis de expectativas
 - 2.1.2 Hipótesis de preferencia por liquidez
 - 2.1.3 Hipótesis de segmentación
 - 2.1.4 Hipótesis del hábitat preferido

CAPITULO 3. Métodos para el cálculo de la estructura Temporal de tasas de interés.

- 3.1 Nelson y Siegel
- 3.2 Svensson
- 3.3 Diebold y Li

3.4 Marco Morales

3.5 Aplicaciones de los modelos vistos en el capítulo.

CAPITULO 4. Información contenida en la curva de rendimiento

4.1 Ritmo de la actividad económica

4.2 Otras variables económicas.

CAPITULO 5. Análisis empírico para el caso Chileno

5.1 Datos y metodología

5.2 Resultados

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

1. INTRODUCCIÓN

El contar con un modelo certero que permita dimensionar la evolución de la actividad económica, puede ser de gran utilidad para la toma de decisiones financieras y económicas, tal como confección de proyectos inmobiliarios, adquisición de activo fijo y un sin número de otras decisiones de relevancia. Es por esto que consideramos valioso rescatar parte de la extensa literatura que existe al respecto. Consecuentemente con lo anterior, el objetivo del presente trabajo es realizar una revisión bibliográfica de las investigaciones que se han llevado a cabo en el tema de la predicción de la actividad económica en base a la estructura temporal de tasas de interés.

Autores como Estrella y Hardouvelis (1991), Bernard y Gerlach (1996), Catellanos y Camero (2002) entre otros, han tratado el tema en forma extensiva y han encontrado evidencia a favor del poder predictivo de la curva de rendimiento sobre la evolución de la actividad económica futura, analizaremos la forma y los métodos utilizados en las estimaciones y además rescataremos la evidencia empírica de los estudios. También se analizarán distintos métodos propuestos por diversos autores para el cálculo de la curva de rendimiento. Esto principalmente porque en países emergentes como el caso chileno, existen pocas transacciones y los bonos del banco central son poco líquidos, lo que impide tener una curva de rendimientos relativamente completa, haciéndose necesario completar los datos de la curva para luego calcular los distintos spread entre tasas largas y cortas.

El trabajo se presenta de la siguiente forma. En la sección 2 se expone de forma detallada los conceptos básicos que son necesarios para comprender las relaciones expuestas en el trabajo. En la sección 3 se presentan las diferentes hipótesis que tratan de explicar la forma de la curva de rendimiento. En la sección 4 se analizan los modelos que permiten calcular la estructura temporal de tasas de interés, analizando detalladamente lo expuesto por Nelson y Siegel, Svensson, Diebold y Li y Marco Morales. En la sección 5 se muestra la evidencia empírica desarrollada por diversos investigadores en diferentes países. Finalmente en la sección 6 se extraen las principales ideas del texto.

CAPITULO 1. Conceptos Básicos

1.1. Curva de Rendimiento

En el mercado financiero se transan un sin número de instrumentos con diversas características, tales como: el riesgo de default, el plazo de vencimiento, el organismo emisor, las provisiones por convertibilidad, el tratamiento fiscal, etc. Si agrupamos a todos los instrumentos que poseen las mismas características de un mercado en específico, siendo la estructura de vencimientos de cada instrumento lo único que genera las diferencias en las tasas de interés, obtenemos lo que se denomina la Estructura Temporal de Tipo de Interés¹.

La ETTI representa una curva característica en cada momento del tiempo y para cada periodo de vencimiento de los activos financieros. Esta curva constituye una importante fuente de información sobre el mercado y las distintas variables económicas. Por otra parte, la curva permite hacer valorizaciones de diversos instrumentos financieros, al mismo tiempo que permite desarrollar diversas estrategias de cobertura a los agentes económicos, siendo utilizada como punto de referencia para establecer los precios y retornos de otros tipos de deuda, tales como préstamos hipotecarios, bancarios, deuda corporativa, etc.

1.2. Bonos

Los bonos son usados como instrumentos de deuda, pueden ser emitidos por diversos organismos, tales como, una empresa privada, un órgano del Estado o también una institución internacional como lo es el Banco Mundial. El emisor del bono se compromete a ir pagando paulatinamente el flujo pactado dependiendo de la fecha de vencimiento, el flujo incluye tanto el principal más un interés.

Las formas comúnmente utilizadas para devolver la inversión pueden ser alguna de las siguientes:

- Intereses + Amortización al final
- Interés Periódicos + Amortización al Final
- Interés + Amortización Periódica.

¹ ETTI

Estos activos se especifican por el valor nominal, fecha de vencimiento, madurez del bono y además algunos bonos poseen cláusulas restrictivas que condicionan el manejo del bono, como ejemplo mencionamos, la cláusula de rescate anticipado cuya finalidad es otorga al emisor de un activo el derecho a recomprar parte o toda su deuda antes de la fecha de vencimiento estipulada. El vencimiento indica la vida esperada del instrumento y el número de años en que se recibirá nuevamente su capital, también determina el retorno y esta estrechamente relacionado con su vencimiento.

El tamaño del cupón influye en la volatilidad del precio del bono: cuanto mayor es el cupón, menor será el cambio en el precio como consecuencia de una variación en las tasas de interés. Por otra parte, el cupón y el vencimiento tienen efectos opuestos en la volatilidad del precio del bono.

Los activos que por sus características, son más precisos de modelar en la ETTI son los de renta fija, en particular instrumentos cero cupón emitidos por algún organismo emisor libre de riesgo como lo es el Banco Central o la Tesorería General de la Republica, esto se debe a que no poseen riesgo de default² y generalmente gozan de gran liquidez en el mercado.

Otra dimensión relevante al hablar de un Bono es el valor par, este corresponde al valor del capital no amortizado más los intereses devengados y reajustes correspondientes en un minuto dado, se calcula:

$$(1) \quad \text{Valor Par} = \left((100 - \text{Amortizacion}) * \left(1 + \frac{t(i\%)}{100} \right)^{\frac{t}{n}} \right)$$

1.3. Duración

Inicialmente fue diseñada para medir la cantidad de tiempo promedio de recuperación de una inversión. A la vez corresponde a una medida del riesgo de exposición de una cartera a la variación de los tipos de interés del mercado. Esta medida calcula el tiempo medio necesario para recibir todas las cantidades de un activo de renta fija, tanto principal como interés, teniendo en cuenta su vencimiento y la totalidad de los

² Este riesgo se refiere a la incertidumbre de pagos de los cupones de renta o amortización del bono. Dentro del Riesgo de Default es conveniente distinguir entre el Riesgo País y el Riesgo Privado, para diferenciar la deuda soberana de la deuda corporativa.

flujos percibidos. Cuanto mayor sea la duración de un fondo, mayor es su sensibilidad a los movimientos en los tipos de interés a largo plazo, por lo que la duración también puede ser usada como una medida de riesgo.

Las variables que afectan la duración de un bono son el cupón, el plazo de vencimiento y la tasa de interés. Esta se calcula:

$$(2) \quad D = \frac{\sum_{n=1}^n (VA_i * (\frac{pv_i}{360}))}{VA_t}$$

VA_t ³ es el valor actual total del bono, VA_i es el valor actual del flujo i y pv_i corresponde al plazo por vencer en días del flujo i .

Existe otro indicador que se deriva del anterior que corresponde a la duración modificada, su forma es $dm = \frac{d}{1+R}$ en donde R es el rendimiento efectivo anual, este concepto permite establecer estrategias de cobertura que cumplan la condición de igualar la duración entre activos y pasivos. La limitación del uso de este concepto para estrategias de cobertura esta en que su comportamiento no es lineal.

1.4. Tasas Forward

Para poder avanzar en las explicaciones es necesario dejar en claro el concepto de tasas forward. La curva de tasas forward corresponde a la estructura de tasas inversiones o prestamos contratados en el periodo actual, pero con fecha de entrega y madurez futura. Existen dos factores que determinan la forma de la curva de rendimientos, estos factores corresponden a la prima de riesgo y a las expectativas, de acuerdo a este ultimo punto, se dice que las tasas forward son predictores insesgados de las tasa spot futuras. Por ello, las tasas forward actuales encontradas a largo plazo están estrechamente relacionadas con las expectativas del mercado sobre las tasas forward a corto plazo.

³ Valor actual = $\sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}$

De esta forma, la estructura a plazo completa refleja en un momento dado, las expectativas actuales del mercado para la familia de tasas a futuro a corto plazo. Debido a que las tasas forward se relacionan directamente con las tasas spot, las dos siguientes alternativas de inversión podemos decir que son equivalentes.

- Adquirir dos bonos cero cupón, el primero con vencimiento en t_1 y en el momento t_1 adquirir uno con vencimiento en t_2
- Adquirir hoy un bono cero cupón con vencimiento en t_2 .

De esta forma la relación f_{t_1,t_2} con las tasas spot $s(t_1)$ y $s(t_2)$ sería:

$$(3) \quad \boxed{(1 + s(t_2))^{t_2} = (1 + s(t_1))^{t_1} * (1 + f_{t_1,t_2})^{t_2-t_1}}$$

Luego la relación entre la tasa spot y forward estaría dada por la siguiente expresión:

$$(4) \quad \boxed{f_{t_1,t_2} = \frac{s(t_2) * t_2 - s(t_1) * t_1}{t_2 - t_1}}$$

Cuando $t_2 - t_1$ tiende a cero, se obtiene la tasa forward instantánea $f(t)$. Luego la tasa forward y la tasa spot se relacionan de la siguiente manera:

$$(5) \quad \boxed{s(t) = \frac{1}{t} \int_0^t f(m) dm}$$

Cabe destacar que la tasa spot del tiempo $s(t)$ se puede interpretar como un promedio de las tasas forward instantáneas.

1.5. Estimaciones de la curva de rendimiento

Las curvas de rendimiento se calculan utilizando la información de los precios de ciertos activos en un minuto dado en el tiempo, se estiman los rendimientos para los diferentes plazos en el tiempo. De esta forma, se obtiene una nube de puntos que se grafica en dos ejes, uno horizontal en el que se grafica el tiempo de vencimiento y uno vertical que se grafica el rendimiento del activo.

Existen diferentes métodos para encontrar una ecuación que proyecte una curva que mejor aproxime esta nube de puntos, sin embargo, este punto lo desarrollaremos en secciones posteriores. En circunstancias normales la curva posee una pendiente positiva lo cual denota, que los tipos de interés a más corto plazo son relativamente menores respecto a los de largo plazo, no obstante, puede llegar a darse distintos escenarios, tales como una curva plana, jorobada o invertida (pendiente negativa) dependiendo de las condiciones financieras imperantes en un momento dado.

Si es que se mantienen ciertas condiciones de mercado es posible proyectar el precio de un título financiero, en un primer momento se debe calcular la duración modificada del título a la fecha en que se desea obtener el precio proyectado, luego a partir de la *curva de rendimiento* vigente, se toma el rendimiento que correspondería a la *duración modificada* obtenida anteriormente. De esta forma calculada la TIR proyectada se descuentan los flujos de caja del bono con dicha tasa para obtener el precio.

CAPITULO 2. Interpretaciones de la Curva de Rendimiento

En este apartado discutiremos las diversas interpretaciones que surgen entorno a la curva de rendimiento y la información que esta puede contener sobre distintas variables económicas. Además veremos las diferentes hipótesis que le dan soporte teórico a la evidencia empírica que se ha encontrado al respecto.

2.1 Estructura Teórica De La Curva De Rendimiento

Existen diversas teorías que tratan de explicar la forma funcional de la estructura intertemporal de tasas de interés, cada una de ella se basa en distintos supuesto que tratan de describir, lo mas fielmente, el comportamiento de los agentes económicos al momento de establecer sus preferencias por los diferentes plazos de sus posiciones financieras, dentro de estas hipótesis la mas antigua es la (1) hipótesis de expectativas (1930). Además, a modo de suplir las falencias y graves omisiones de la recién mencionada hipótesis, surgen paulatinamente las (2) hipótesis de preferencia por liquidez (1939), (3) hipótesis segmentación (1957) y finalmente la hipótesis de (4) hábitat preferido (1966). Esta última es la que generaliza las dos hipótesis anteriores y elabora una cierta aproximación teórica respecto a la diversidad de formas que adopta la curva de rendimiento en los diversos mercados financieros internacionales. A continuación expondremos las principales ideas que fundamentan estas hipótesis.

2.1.1 Hipótesis de Expectativas

Esta hipótesis se fundamenta en los trabajos realizados por Fisher(1930), Williams(1938), Lutz(1940) y Hicks (1946), se basa en 4 supuestos bien definidos, (i)los individuos son neutrales al riesgo y además no poseen preferencia por liquidez; (ii)no existe segmentación de mercado, ósea tanto inversionistas como emisores de instrumentos financieros tiene flexibilidad total en cuanto a plazos se refiere; (iii)las expectativas sobre las tasas de interés futuras son insesgadas; (iv)no existen costos de transacción en el mercado.

Una idea que esta implícita en esta hipótesis es que los agentes al momento de estructurar sus decisiones de inversión, considerarían como único parámetro relevante

las rentabilidades esperadas por cada una de ellas, seleccionando los diferentes instrumentos sólo de acuerdo a este indicador.

Los individuos comúnmente se deben enfrentar a la difícil decisión sobre el plazo de duración (largo o corto) de sus obligaciones e inversiones, estos incorporan información sobre las perspectivas de las tasas futuras al momento de tomar sus decisiones, por ejemplo, si las personas poseen perspectivas de un alza en las tasas de interés futuras a corto plazo, estas podrán aconsejar vender las posiciones largas y comprar posiciones a corto con el objetivo de beneficiarse de la subida de tasas. Es totalmente coherente pensar que todos los agentes pudiesen actuar de la misma forma, lo que generaría: (i) un exceso de oferta por fondos a corto plazo, unido a una caída en las tasas cortas y (ii) un exceso de demanda por fondos a largo plazo, junto a un aumento de las tasas largas. Lo anterior desencadena un aumento en la pendiente de la curva de rendimientos.

Por esta razón, en general un aumento en la pendiente de la curva de tasas de interés, indicara en términos de expectativas, que las tasas de corto plazo futuras subirán, en cambio, si es que la pendiente disminuye indicara que las tasas cortas bajarán. En el caso que la curva de rendimiento no fuese plana, se puede concluir que los agentes económicos esperan un cambio inminente en las tasas de interés.

Dentro de la definición de hipótesis de expectativas podemos encontrar dos versiones, la hipótesis de expectativas locales y la hipótesis de expectativas puras o insesgadas, que quizás es la más desarrollada por la literatura. Antes de adentrarnos en esta versión es necesario dejar en claro el concepto de prima por reinversión⁴, esta se define como la diferencia entre el rendimiento de la inversión en un bono al descuento de plazo n en el periodo t , y el rendimiento esperado de la reinversión sucesiva en k bonos de plazo m , la expresión anterior nos servirá para poder encontrar diferentes implicancias empíricas las que analizaremos más adelante, además la podemos escribir de la siguiente forma:

$$(6) \quad \pi_{t,n} = nr_{t,n} - E_t \left(m \sum_{i=0}^{k-1} r_{t+im,m} \right)$$

Luego al suponer $m=1$ la expresión anterior queda:

⁴ Ver Abad y Robles 2003

$$(7) \quad \pi_{t,n} = nr_{t,n} - r_{t,1} - E_t \left(\sum_{i=1}^{n-1} r_{t+i,1} \right)$$

La *Hipótesis de Expectativas Puras o Insesgadas* se basa en dos supuestos adicionales, estos son: (i) el precio futuro es igual al precio esperado al contado en el día de vencimiento y (ii) las expectativas sobre el precio de contado a vencimiento se forman racionalmente.

La idea general de esta versión es que la forma de la curva de rendimiento esta determinada por las expectativas sobre la magnitud de las futuras tasas de interés. Estas tasas a su vez, constituyen el mejor estimador de tasas futuras disponible en el mercado debido al proceso de arbitraje entre las diferentes opciones de inversión. De esta forma, los tipos de interés se ajustaran para igualar la rentabilidad esperada de estrategias de inversión equivalentes, independiente del plazo de los bonos de cada una.

Si definimos la prima forward como el diferencial entre el rendimiento esperado de la inversión en un bono al descuento de plazo n en t y el rendimiento esperado de la inversión sucesiva en dos bonos al descuento, uno en t de plazo $n-s$ y otro en $t+n-s$ de plazo s , la ecuación nos queda:

$$(8) \quad \pi_{t,s}^f = nr_{t,n} - (n-s)r_{t,n-s} - sE_t(r_{t+n-s,s}) = s((f_{t+n-s,s}^t - E_t(r_{t+n-s,s})))$$

Una implicancia de la utilización de la hipótesis de expectativas insesgadas, es que el tipo forward es un predictor insesgado del tipo al contado,

$$(9) \quad E_t(r_{t+n-s,s}) = f_{t+n-s,s}^t$$

A partir de la ecuación (8) la prima por plazo debe ser cero, lo cual se traduce en que el tipo a largo plazo es una suma ponderada de los tipos de interés a corto plazo vigentes y esperados. Esto lo podemos representar de la siguiente forma:

$$(10) \quad nr_{t,n} = r_{t,1} + \sum_{i=1}^{n-1} E_t(r_{t+i,1})$$

A modo de ejemplo, la tasa de interés de un instrumento que vence en doce meses debe ser igual a el promedio de la tasa actual de un instrumento a seis meses y el pronostico de la tasa de interés de otro instrumento a seis meses dentro de seis meses más, así un inversionista deberá estar totalmente indiferente entre cualquiera de estas dos alternativas de financiamiento.

Por ultimo, esta hipótesis plantea que los agentes económicos buscando oportunidades de arbitraje, eliminan paulatinamente cualquier diferencial de rentabilidad que pudiese existir entre los diferentes instrumentos de un mismo grupo de calidad crediticia, sin importar la fecha de vencimiento de estos papeles, lo cual conllevaría al aplanamiento de la curva de rendimiento.

Para entender la *Hipótesis de Expectativas Locales o de la Rentabilidad al Vencimiento* es preciso comprender el concepto de *prima del periodo de posesión*:

$$(11) \quad \pi_{t,s}^{pp} = s(E_t(h_{t,s}^{t+s}(n)) - r_{t,s})$$

Este concepto se refiere a la diferencia entre el rendimiento esperado de la posesión de un bono a plazo n durante s periodos y el tipo al contado para un bono a s periodos, donde el termino $h_{t,s}^{t+s}(n)$ se define como la rentabilidad en $t+s$ de un bono a n periodos que se emite en t y se vende en $t+s$.

Una implicancia que surge de la hipótesis de expectativas es que el rendimiento esperado para un determinado periodo es el mismo independientemente del plazo de inversión, esto nos lleva a lo que se conoce por *Hipótesis de Expectativas Locales*:

$$(12) \quad r_{t,s} = E_t(h_{t,s}^{t+s}(n)) \quad \forall n > s$$

Finalmente podemos decir que la hipótesis de expectativas argumenta que la eventual existencia de alguna pendiente en la curva de rendimiento indica que los individuos esperan un cambio en las tasas de interés, en el caso particular de la existencia de una pendiente positiva, implicara necesariamente que el conjunto de los agentes económicos poseen expectativas de mayores tasas de interés para el futuro.

Por otra parte, la gran crítica que se le atribuye a esta hipótesis es la omisión de dos factores sumamente relevantes al momento de calcular el valor de las inversiones, estos son el riesgo de precio y riesgo de reinversión, riesgo que se generan al no tener certeza de los precios y tasas futuras que debe enfrentar un individuo. De esta forma la consideración de estas variables podría afectar sustantivamente la veracidad de esta hipótesis.

2.1.2 Hipótesis de preferencia por liquidez

Esta hipótesis fue impulsada por Hicks 1939, Los individuos al valorar títulos financieros incorporan un componente de incertidumbre en las estrategias de inversión, elemento que estaba ausente en la confección de la hipótesis de expectativas puras, aquí los agentes económicos poseen cierta inclinación a preferir activos más líquidos versus aquellos que no lo son, es así como *ceteris paribus*, estos preferirán invertir en activos a corto plazo debido a que por definición son más líquidos. Un supuesto importante dice que los individuos son adversos al riesgo y en base a características toman sus decisiones.

Los agentes demandaran una prima significativa al momento de invertir en instrumentos de más largo plazo (menos líquidos), prima que debe compensar la pérdida de utilidad experimentada por los agentes al renunciar a invertir en papeles de más corto plazo.

Por otro lado, los emisores de deuda, actúan de forma contraria a los inversionistas, prefiriendo obligaciones a más largo plazo debido a la presencia de incertidumbre en una eventual tasa de reinversión que tuviesen que afrontar si es que utilizaran instrumentos de más corto plazo, aceptando pagar una tasa superior motivados por la eliminación de este riesgo.

Debido a la interacción de inversores y emisores de deuda en el mercado, la tasa de interés de largo plazo deberá ser mayor en comparación a una de corto plazo, despejando el desequilibrio inicial existente entre la oferta y demanda de fondos. Una condición para la prima extraordinaria, mencionada anteriormente, es que sea por lo menos superior al promedio de las tasas de corto plazo esperada, así esta deberá ser necesariamente una función creciente del plazo al vencimiento.

En definitiva la hipótesis acepta la influencia de las expectativas para influenciar la curva de rendimiento, por otra parte, los inversionistas se inclinan en sus preferencias por instrumentos de menor madurez, por poseer mayor liquidez. Además se deduce que la curva de rendimiento debe mostrar una pendiente positiva, lo cual, va en contra posición a lo planteado en la hipótesis de expectativas puras, debido a que el tipo forward sería un predictor sesgado del tipo al contado, siendo este sesgo monótono creciente respecto al plazo de vencimiento.

2.1.3 Hipótesis de Segmentación

Esta hipótesis se basa en lo planteado por la hipótesis de preferencia por liquidez, en la cual se acepta que los inversionistas prefieren instrumentos con mayor liquidez, debido a que esto hace disminuir la variabilidad de sus ingresos. Por otra parte, los emisores de instrumentos de deuda se inclinan por títulos de más largo plazo debido a que tratan de eliminar el riesgo de reinversión que les significaría títulos de más corto plazo.

De esta forma, la idea de segmentación supone segmentar a los distintos tipos de individuos, de acuerdo a sus preferencias por los diferentes grupos de instrumento con un vencimiento en específico.

Así los individuos descritos anteriormente responden a las preferencias de un grupo determinado, por ejemplo podemos mencionar a un grupo en específico, tal como lo representa el de los inversionistas que prefieren instrumento a corto plazo, una organización que cabe dentro de esta descripción son los bancos comerciales, los cuales le asignan un mayor valor a la seguridad de los fondos invertidos por sobre la posible rentabilidad que pudiesen alcanzar sus posiciones a largo plazo. Esta inclinación se basa en la naturaleza de sus pasivos, en este caso, el banco debe proveer liquidez a sus cuenta-correntistas, objetivo que condiciona el tipo de preferencias del agente.

La contribución de esta hipótesis es reconocer la existencia de diversos grupos con distintas preferencias sobre el vencimiento de los instrumentos. Esta preferencia es determinada principalmente por el tipo de pasivo que se posee, por ejemplo, podemos destacar otro grupo de inversionistas que prefiere un vencimiento a mayor plazo, debido a que posee un tipo de pasivo a más largo plazo, como es el caso de

compañías de seguros o fondos previsionales, los cuales le dan una gran importancia a la certeza de sus ingresos.

Por otro lado, los emisores de títulos de deuda, determinan sus preferencias de acuerdo a las características de sus activos. Relacionando activos de corto (largo) plazo con instrumento de vencimiento a corto (largo) plazo. De esta forma, las tasas de interés están sujetas a la interacción de la oferta y demanda de fondos al interior de cada segmento, el cual se caracteriza por agrupar individuos con similares preferencias en cuanto al horizonte de inversión, enfrentando cada grupo un segmento específico de la curva de rendimiento. Las tasas de interés al interior son determinadas con cierta independencia respecto a los otros segmentos debido a que no existe completa movilidad de los participantes entre los distintos grupos.

2.1.4 Hipótesis del Hábitat Preferido

Esta teoría (Modigliani y Sutch(1967)) engloba tanto la teoría de hipótesis de segmentación como la de preferencia por liquidez, al igual que en estas versiones existe incertidumbre sobre los acontecimientos futuros y los individuos se caracterizan por ser adversos al riesgo.

El concepto de hábitat se refiere al periodo durante el cual un individuo mantiene sus posiciones de inversión y/o deudas. Cada agente enfrenta sólo un segmento de la curva de rendimiento, la selección del segmento se basa en las preferencias sobre el vencimiento de las posiciones financieras, lo que se busca preferentemente es hacer calzar los vencimientos de sus activos y pasivos, lo cual a la vez conlleva eliminar todo el riesgo sistemático.

A diferencia de la hipótesis de segmentación, aquí si cabe la posibilidad de la existencia de un incentivo que pueda modificar las elecciones originales de los individuos respecto a las preferencias de su hábitat o segmento, ósea para hacerlos abandonar la situación en donde eliminaban todo su riesgo sistemático y hacen calzar los plazos de vencimiento de sus activos y pasivos.

Al existir, eventualmente desequilibrios en la oferta o demanda de fondos en ciertos tramos de plazo, la existencia de primas puede equilibrar la situación inicial, tomando el signo necesario para incentivar a los agentes a moverse de un segmento a otro. Por

ejemplo, si en un tramo de vencimiento existe una baja oferta de fondos los emisores de títulos de deuda tendrán que ofrecer una prima positiva suficiente, tal que incentive a los inversores a abandonar su hábitat preferido preliminarmente, esta prima debe compensar la pérdida de utilidad que le significa al inversor, mantener un instrumento no preferido, enfrentando una mayor incertidumbre en sus posiciones.

Bajo esta hipótesis la curva de rendimiento puede tomar diferentes formas, distinta en los diversos segmentos, incluso es totalmente plausible la posibilidad de un escenario en donde las tasas cortas sean mayores que las de largo plazo dibujando una curva invertida debido a la preferencia de los agentes por instrumentos de mayor madurez.

Por último, bajo esta hipótesis el tipo forward también deja de ser un estimador insesgado del tipo al contado al igual que en la hipótesis de segmentación, sin embargo, a diferencia de este último el sesgo del estimador dejaría de ser monótono creciente respecto al vencimiento y se abre a la posibilidad de tomar cualquier signo.

CAPITULO 3. Métodos para el Cálculo de la ETTI.

Uno de los grandes problemas que han tenido los financistas en el último tiempo y que ha complicado la exactitud de las valoraciones de bonos poco líquidos, es la inexistencia de bonos cero cupón en los distintos mercados para todas las madureces. Es por eso, que han existido múltiples formas de modelar la curva de rendimientos para los distintos países. Como la intención de este estudio es poder proyectar las variaciones de la economía por medio del diferencial entre las tasas cortas y largas, también se nos hace necesario poder contar con las curvas de rendimiento para distintos períodos, con el objeto de poder utilizar diferenciales de estas tasas con distintas madureces, lo que nos da una mayor gama de datos que comparar.

Dentro de la literatura financiera existen dos tendencias para completar los huecos que tienen las curvas de rendimientos en diferentes países. La primera tendencia la representan los métodos paramétricos, iniciados por Nelson y Siegel y complementado por autores posteriores. La gracia de estos métodos es que poseen una mayor simplicidad (parsimoniosos) y se pueden obtener con un número reducido de parámetros, facilitando los cálculos y manteniendo buenos resultados.

Por otro lado, existen los modelos dinámicos cuya corriente considera el trabajo de Vasicek (1997) como punto de partida para describir la tasa instantánea de corto plazo. El tipo de modelo se determinara dependiendo de los factores, componentes y restricciones impuestas, y por lo tanto, de acuerdo a la distribución que seguirán las tasas de corto plazo. El aporte de estos modelos es que permiten extraer información de los precios para así proyectar tasas futuras.

Debido a la mayor simplicidad que nos dan los modelos paramétricos, este estudio se concentrará en describir y explicar los principales avances que se han desarrollados en la materia. Sin embargo, también se mostraran estudios que combinan métodos paramétricos con métodos no paramétricos, es decir, se parte de métodos paramétricos y se le agrega una estructura dinámica, lo que nos permitirá tener una visión más amplia del calculo de la curva de rendimientos.

Por lo tanto, el análisis bibliográfico de este tema se basara en autores que desarrollaron métodos paramétricos para completar la curva de rendimientos.

3.1 Nelson y Siegel (1987)

Uno de los métodos más utilizados para proyectar la curva de rendimientos, es el modelo propuesto por estos autores en la década de los ochenta. Este paper establece una relación entre la madurez de los distintos papeles con sus retornos, es decir, realiza un simple ajuste madurez retorno. La intención de este modelo es tener una forma fácil y parsimoniosa de poder calcular la curva de rendimientos, que además sea lo suficientemente flexible para representar un rango general de la forma asociada a la curva de rendimientos, siendo monotónica, jorobada y con forma de S. Esta metodología modela las tasas forward instantánea en m , relacionándola con la madurez de la siguiente forma:

$$(13) \quad r(m) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) + \beta_2 \exp\left(-\frac{m}{\tau_2}\right)$$

Donde $r(m)$ es la función que relaciona el periodo de maduración con las tasas forward, τ_1 y τ_2 son constantes de tiempo asociado con la ecuación, y β_0 , β_1 , β_2 son determinados por condiciones iniciales. Esta condición genera una familia de tasas forward (curva) que son monotónicas, con joroba y con forma de S; dependiendo del valor de β_1 y β_2 y que tiene asíntota β_0 .

La ecuación anterior implica que el rendimiento a la maduración de los bonos cero cupón esta dado por la integral de la curva de tasas forward, que representa el promedio de las tasas forward instantáneas y esta representado por la ecuación (14) que se muestra a continuación:

$$(14) \quad R(m) = \frac{1}{m} \int_0^m r(m) dm$$

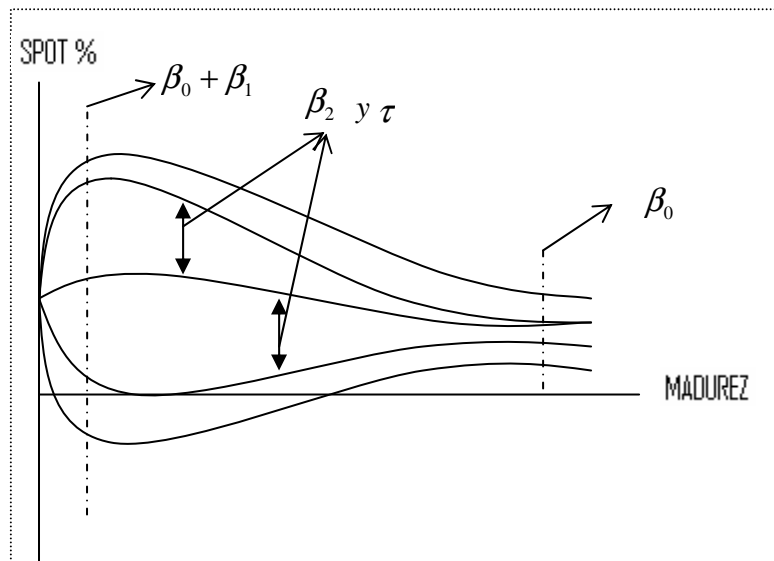
Por lo tanto, al resolver la integral de la función numero (13), obtendremos la curva cero cupón, que quedara modelada por la ecuación (15)

$$(15) \quad R(m) = \beta_0 + (\beta_1 + \beta_2) \cdot \left[\frac{1 - \exp(-m/\tau)}{m/\tau} \right] - \beta_2 \cdot \exp(-m/\tau)$$

Los parámetros de este modelo son fácilmente observables y permiten conocer tasas teóricas no observables en la práctica. De esta forma β_0 representa la contribución del componente de largo plazo de la tasa forward sobre el rendimiento, β_1 es el componente de corto plazo y β_2 es el componente de mediano plazo. Por último τ representa la tasa de convergencia de los niveles de corto y mediano plazo hacia los de largo plazo. Cuando τ es grande, la velocidad en que las tasas de corto y mediana plazo convergen hacia las de largo es baja.

A continuación se puede ver en el gráfico número (1), las distintas formas que puede presentar la curva de rendimientos según el modelo propuesto por estos autores, y dependiendo del valor que tome cada uno de los parámetros.

Gráfico (1)
Formas que toma la curva de rendimientos según el modelo de Nelson y Siegel



Como podemos ver en el gráfico anterior, el parámetro β_0 representa el rendimiento en el largo plazo, por lo que siempre será positivo. Además, éste parámetro determina el nivel de la curva de tipos de interés. Por otro lado, tenemos la suma de los parámetros $\beta_0 + \beta_1$ que representa la tasa a muy corto plazo, el que puede interpretarse como el tipo de interés instantáneo o próximo al valor real del dinero. Sea $c = \beta_0 + \beta_1$ entonces $\beta_1 = c - \beta_0$, y puede interpretarse como el spread entre el tipo de interés a corto y a largo, ya que variaciones en los extremos de la curva generan cambios en la pendiente. El parámetro β_1 recoge la tendencia, por lo que el signo de este coeficiente determinará si la curvatura es creciente o decreciente. Cuando β_1 es negativo la función crece, pero por el contrario cuando es positivo la función decrecerá,

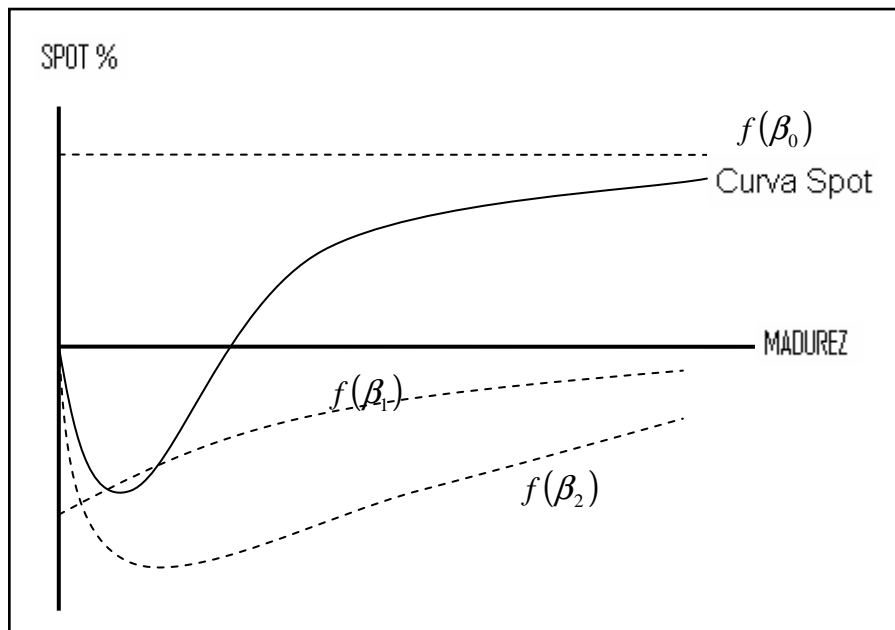
lo que indica que el tipo de corto es superior al de largo y por lo tanto la curva estará invertida.

Los parámetros restantes β_2 y τ desaparecen al muy corto y al muy largo plazo, representando la curvatura de la ecuación, que se manifiesta en lugares intermedios. Estos parámetros no tienen una representación directa, sino únicamente de curvatura, y se ubican entre los límites de β_0 y $\beta_0 + \beta_1$. Por otro lado, τ solo puede tomar valores positivos para asegurar la convergencia al largo plazo. El parámetro β_2 determina la magnitud y forma de la curvatura, por lo que cuando este sea positivo la curva tendrá un máximo interior, cuando sea negativo existirá un mínimo interior y cuando sea cero, se dará monotocidad en la estructura temporal del tipo de interés.

También podemos mencionar que cuando el parámetros β_1 sea negativo y mayor que β_0 en términos absolutos, y además β_2 es negativo, las tasas cortas pueden ser negativas, lo que ha sucedido en diversos países como por ejemplo Japón. Esto se puede ver en el grafico (1) representado por la curva de más abajo.

El gráfico (2) que se muestra a continuación, refleja la forma que adopta cada uno de los componentes del modelo definido por Nelson y Siegel.

Gráfico (2)
Comportamiento de la curva de rendimientos y descomposición de la curva de rendimientos según el modelo de Svensson



Como podemos ver, el parámetro β_0 recoge el componente de nivel de la función y se representa como $f(\beta_0)$, el segundo factor de la ecuación (15) recoge la pendiente y vienen dado por β_1 . El término representado es equivalente a la ecuación (16) que se muestra a continuación.

$$(16) \quad f(\beta_1) = \beta_1 \frac{1 - \exp\left(-\frac{m}{\tau}\right)}{\left(\frac{m}{\tau}\right)}$$

El tercer sumando determina la curvatura del modelo y corresponde al parámetro β_2 , y la función que lo describe esta dada por la ecuación (17).

$$(17) \quad f(\beta_2) = \beta_2 \left(\frac{1 - \exp\left(-\frac{m}{\tau}\right)}{\left(\frac{m}{\tau}\right)} - \exp\left(-\frac{m}{\tau}\right) \right)$$

Finalmente, Este método tiene la particularidad de ser muy simple de implementar. Además, los autores fueron pioneros en la creación de un método paramétrico que fuese suficientemente simple y parsimonioso.

3.2 Svensson (1994)

En este estudio se interpretan las tasas forward como indicadores de las expectativas que tiene el mercado sobre el camino que seguirán en el tiempo las futuras tasas de interés. Las tasas forward son estimadas con una extensión de Nelson y Siegel, obteniéndose una forma funcional mas flexible.

Las tasas forward son interpretadas como futuras tasas de interés cortas, tasa de inflación y tasas de depreciación de la moneda. Las tasas forward contienen la misma información que la curva de rendimientos estándar. Por otro lado, la curva de rendimientos puede ser interpretada como un promedio de las expectativas futuras de las variables centrales, mientras que la curva de tasas forward se interpretara como un indicador de las expectativas futuras del camino que seguirán estas variables.

Las estimaciones de las tasas forward y spot se ajustan a cada fecha de negociación de acuerdo a una función discontinua (el precio de un bono cero cupón como función de su madurez) entre un bono soberano y el precio del un bono en una determinada fecha. Para ello, se utiliza una extensión de la función de Nelson y Siegel, a la cual se le inserta un spline cúbico. El spline cúbico puede mejorar la desventaja de la inestabilidad de las tasas forward, especialmente en una madurez más larga.

Nelson y Siegel asumen que la tasa forward instantánea es la solución a la ecuación diferencial de segundo orden con dos raíces iguales. La simplificada notación $r(m)$ denota la instantánea tasa forward $r(t,t+m)$ con un tiempo acordado de m , dada una fecha de negociación t . en Nelson y Siegel la función puede ser escrita de acuerdo a la ecuación (13), donde $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \tau$, son vectores de parámetros (los tres componentes de estas tasas forward ya fueron explicados anteriormente).

Sin embargo, para incrementar la flexibilidad y mejorar el ajuste, se extiende la función de Nelson y Siegel para sumar un cuarto término y un segundo montículo o valle. Estos dos parámetros adicionales se denotan por β_3 y τ_2 . La nueva función queda de la siguiente manera.

$$(18) \quad f(m; b) = \beta_0 + \beta_1 \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) + \beta_2 \frac{m}{\tau_1} \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) + \beta_3 \frac{m}{\tau_2} \exp\left(-\frac{m}{\tau_2}\right)$$

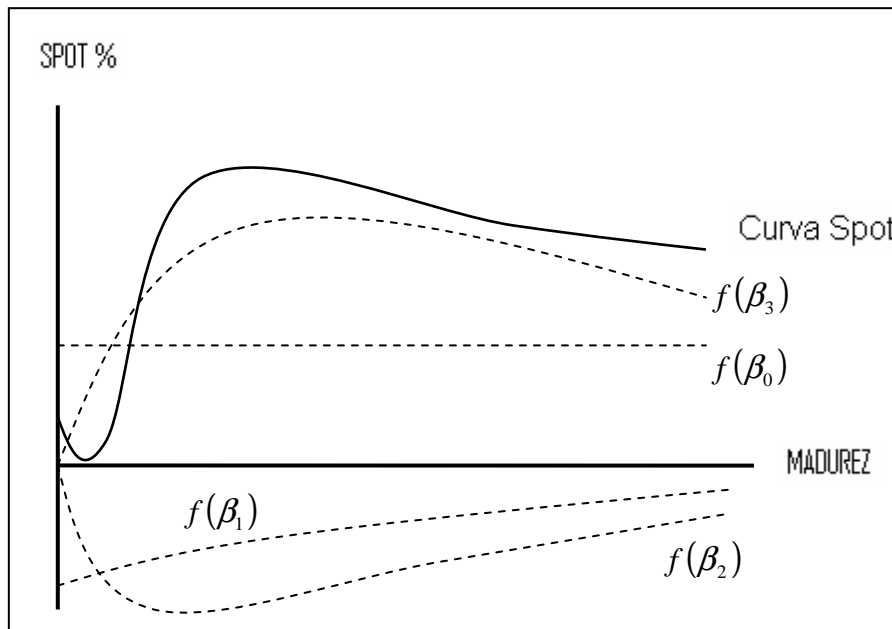
Donde $b = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \tau_1, \beta_3, \tau_2)$ que es un vector de parámetros (β_0 y τ_1 deben ser positivos), el parámetro τ_2 debe ser positivo y determina la posición del segundo monte o valle de la curva, mientras que β_3 es un parámetro análogo a β_2 y Determina la magnitud y dirección del segundo monte o valle.

De la ecuación anterior podemos obtener las tasas cero cupón integrando las tasas forward (de la misma forma que en la ecuación (14)), denotado por $R(t,t+m)$ con madurez igual a m , para una fecha de negociación t dada. Por tanto, la ecuación de las tasas cero cupón esta dada por:

$$(19) \quad R(m) = \beta_0 + \beta_1 \frac{1 - \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right)}{\frac{m}{\tau_1}} + \beta_2 \left(\frac{1 - \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right)}{\frac{m}{\tau_1}} - \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) \right) + \beta_3 \left(\frac{1 - \exp\left(-\frac{m}{\tau_2}\right)}{\frac{m}{\tau_2}} - \exp\left(-\frac{m}{\tau_2}\right) \right)$$

A continuación se muestra en el gráfico (3) el comportamiento que tienen los distintos parámetros del modelo de Svensson.

Gráfico (3)
Comportamiento de la curva de rendimientos y descomposición de la curva de rendimientos según el modelo de Svensson



Como podemos ver en el gráfico anterior, este modelo presenta un valle (montículo) adicional al modelo de NyS. Este grafico refleja la forma que adopta cada uno de los componentes del modelo definido por Svensson. El parámetro β_i^5 es representado por la función $f(\beta_i)$ que siguen la forma mostrada más arriba (los $f(\beta_i)$ varían de acuerdo a la forma que presenta la curva de rendimientos).

Finalmente la función de descuento derivada de la ecuación anterior es:

⁵ $i = 0, 1, 2, 3.$

(20)

$$d(m) = \exp\left(-\frac{R(m)}{100}m\right)$$

La función de descuento es estimada por cada fecha de negociación para minimizar cada error de precio o error de rendimiento (suma de los errores al cuadrado). Para dar parámetros a la función de descuento es usada una estimación del precio de los bonos. Los parámetros son escogidos para minimizar la suma de los errores al cuadrado entre los precios estimados y los precios observados de los bonos. Donde los precios estimados de los bonos son calculados en base a cotizaciones de rendimiento a madurez, tasa cupón y periodo de madurez.

Minimizar los errores de los precios, a veces lleva a aumentar el error de rendimiento para bonos y bonos del tesoro con madureces cortas. Esto es porque los precios son muy insensibles a las madureces cortas. Por esto puede ser mejor escoger parámetros que minimicen los errores de los rendimientos en ves de los errores de los precios. También se utiliza un componente para estimar los precios de los cupones de los bonos. Los parámetros estimados pueden hacerse por medio del método de máxima verosimilitud o por medio del método generalizado de momentos.

Este modelo descansa bajo el supuesto de que el premio del forward es insignificante, y por lo tanto, las tasas forward pueden ser interpretadas como tasas spot futuras. El premio forward es una expectativa de exceso de retorno sobre la inversión forward, es decir, es el exceso de la tasa de interés forward sobre la tasa de interés spot esperada para un contrato forward, que se genera en una fecha de negociación de acuerdo a una regla establecida en el contrato.

Como conclusión de este estudio, el autor demuestra como estimar e interpretar las tasas forward. La estimación fue hecha de acuerdo a una extensión del modelo planteado por Nelson y Siegel. La versión extendida da un mucho mejor ajuste y flexibilidad en algunos casos donde el modelo original no es suficientemente bueno.

Este paper demostró la interpretación dada a las tasas forward por medio de un estudio hecho en suiza durante el período que comprende entre mayo de 1992 y junio de 1994. El estudio revelo que durante septiembre de 1992, algunas de las tendencias del incremento marginal en las tasas de interés de los préstamos, fueron anticipadas por el mercado y que las tasas forward de más largo plazo, subieron considerablemente después de que la moneda pasara a una estructura de flotación.

Otra conclusión que se desprende es que comúnmente se ha creído que los aumentos en la pendiente de la curva de rendimientos implican premios positivos, lo que no es correcto, ya que los aumentos en la pendiente de la curva de rendimientos pueden ser explicados por expectativas crecientes de las tasas cortas sobre la misma curva.

3.3 Diebold y Li (2002)

Realizan una modificación a la propuesta de Nelson y Siegel (sobre la curva de tasas forward), la que puede ser entendida como una constante más una función de Laguerre, que es un polinomio exponencial que decrece en el tiempo. El modelo inicial esta representado por la ecuación (13), sobre la cual los autores realizan algunas modificaciones.

Según Diebold y Li, la curva de rendimientos de Nelson y Siegel puede también interpretarse como una curva de descuento que comienza en uno para el periodo cero, y luego se aproxima a cero para una madurez infinita.

El modelo final que plantean estos autores esta dado por la ecuación (21) que se presenta a continuación.

$$(21) \quad y_t(\tau) = \beta_{1t} + \beta_{2t} \left(\frac{1 - e^{-\lambda_t \tau}}{\lambda_t \tau} \right) + \beta_{3t} \left(\frac{1 - e^{-\lambda_t \tau}}{\lambda_t \tau} - e^{-\lambda_t \tau} \right)$$

Diebold y Li interpretan β_{1t} , β_{2t} y β_{3t} como tres factores dinámicos y latentes. Como ya se vio en Nelson y Siegel, los llamados factores β_{1t} , β_{2t} y β_{3t} que representaban la curva en términos de largo, corto y mediano plazo respectivamente, pueden ser también interpretados (según estos autores) en términos de nivel, joroba y curvatura.

El factor de largo plazo β_{1t} se rige por el nivel de la curva de rendimientos, es decir, uno puede fácilmente verificar $y(\infty) = \beta_{1t}$, además se puede notar que aumentos β_{1t} incrementa todos los rendimientos por igual, afectando de esta forma todos los períodos de madurez, y por lo tanto, el nivel de la curva de rendimiento.

El termino de corto plazo β_{2t} puede ser asociado con el nivel de joroba de la curva, que se puede definir como $y(\infty) - y(0) = \beta_{2t}$. Por otro lado, se puede ver que incrementos en β_{2t} , produce incrementos del rendimientos más en el corto plazo que en el largo, por lo que la tasa de corto plazo se carga más fuertemente sobre β_{2t} , cambiando de esta forma la joroba de la curva.

Finalmente el factor β_{3t} es asociado a la curvatura de la curva de rendimiento. Se debe notar que cambios en β_{3t} tendrán poco efecto en el muy corto plazo y en el muy largo plazo, pero incrementara el rendimiento en el mediano plazo, que se carga más fuertemente, incrementando por tanto la curvatura de la curva.

Por lo tanto, se debe notar que en este estudio se le ha dado una factorización diferente a la original, en donde la curva de Nelson y Siegel está dada por la ecuación:

$$(22) \quad y_t(\tau) = b_{1t} + b_{2t} \frac{1 - e^{-\lambda_t \tau}}{\lambda_t \tau} - b_{3t} e^{-\lambda_t \tau}$$

Las relaciones de la factorización están dadas por $b_{1t} = \beta_{1t}$, $b_{2t} = \beta_{1t} + \beta_{3t}$ y $b_{3t} = \beta_{3t}$. Las razones para ello son, primero que $1 - e^{-\lambda_t \tau}$ y $e^{-\lambda_t \tau}$ tienen similar decrecimiento monótonico en la forma de la curva, y además si nosotros interpretamos b_1 y b_2 como factores, entonces ambos serán cargados de forma muy similar.

Algunas consideraciones importantes para el arreglo de estos factores son:

- El promedio de la curva de rendimiento es incremental y cóncavo.
- La curva de rendimiento asume una variedad de formas a través del tiempo, incluyendo caídas y subidas de la pendiente y cambios en la joroba.
- Los retornos dinámicos son persistentes, mientras que el spread dinámico es mucho menos persistente.
- Los factores de corto plazo son más volátiles que los de largo plazo.
- Las tasas de largo plazo son más persistentes que las de largo plazo.

En conclusión, estos autores reinterpretan la curva de Nelson y Siegel como un modelo dinámico que logra reducir la dimensionalidad por medio de una estructura de factores (nivel, forma y curvatura). Además, estudian el funcionamiento del modelo en datos extra-muestrales, con el fin de comprobar la capacidad de predicción de la curva de rendimientos. En este trabajo se determina que los resultados de la predicción a un

mes adelante no son mejores que los conseguidos por un random walk, pero la predicción de un año hacia delante es muy superior. Este modelo funciona por medio del no arbitraje, mostrando que por este método se pueden conseguir buenas predicciones.

La esencia de esta propuesta es imponer intencionalmente una estructura a priori, motivado por la simplicidad, parcimonia y teoría, en un explícito intento por soslayar la existencia de pocos datos y de esta forma mejorar la habilidad de predecir extra-muestralmente. De esta forma se incluye un ajuste parametrizado del modelo en lugar de una estricta estructura de carga de factores. Finalmente se enfatiza la posibilidad de simplificar la dinámica de los factores por medio de un modelo AR(1).

3.4 Morales (2004)

Este autor hace un estudio para Chile sobre las distintas formas del cálculo de la curva de rendimiento. El trabajo parte describiendo el ajuste de la curva que proponen Nelson y Siegel, pero incorpora la interpretación dinámica que proponen Diebold y Li (2002). Luego se le aplica a la muestra una función de impulso respuesta, por medio de vectores autoregresivos, para evaluar como reacciona la curva ante cambios en variables macros. Los rendimientos macro del modelo pueden ser considerados como una representación de espacio estático, que puede ser estimado por el filtro de Kalman utilizando una aproximación de dos pasos propuesto por Diebold y Li (2002).

Dentro de la literatura financiera y económica existen varios trabajos que estudian el efecto de la macro en los rendimientos y de los rendimientos hacia la macro, mientras que la retroalimentación bidireccional es representada en varios paper recientes. Sin embargo, en Chile el efecto de retroalimentación bidireccional entre el término estructural y la macroeconomía aún no ha sido considerado.

Muchos estudios relacionan los términos estructurales con las variables macroeconómicas, principalmente por medio de un proceso VAR, sin embargo el VAR no siempre es valido para las madures no incluidas en la estimación de la curva de rendimientos.

Asumiendo que la estructura latente y dinámica sigue un proceso autorregresivo, este puede estimarse en un proceso de dos pasos o siguiendo un filtro de Kalman. De esta

forma, el método es capaz de producir una buena dinámica de estimación de los términos estructurales.

El paper de Morales intenta aplicar la misma metodología para el caso chileno. El análisis se basa en los bonos indexados del mercado local y agregados monetarios representativos de la política monetaria, la inflación y la actividad económica. Las conclusiones de este estudio son de mucho interés para el manejo de la política monetaria por parte del banco central.

La estimación en dos pasos por medio del filtro de Kalman es una aproximación dada una probabilidad máxima de estimación del coeficiente, y una óptima estimación suavizada para los factores latentes que determinan la forma de la curva de rendimiento.

El otro modelo de dos pasos es robusto y apela a la intuición, sin embargo, es sub-óptimo en el sentido de la estimación potencial de los errores del primer paso, y que no son considerados en el segundo paso.

Tomando estas consideraciones se estima el modelo de dos pasos, evaluándose el potencial de sub-optimalidad del método, con algunas comparaciones que fueron hechas para el modelo básico en términos de las conclusiones obtenidas.

La ecuación (23) muestra la estimación de la curva:

$$(23) \quad R(\tau) = \beta_1 + \beta_2 \left(\frac{1 - \exp(-\lambda_t \tau)}{\lambda_t \tau} \right) + \beta_3 \left(\frac{1 - \exp(-\lambda_t \tau)}{\lambda_t \tau} - \exp(-\lambda_t \tau) \right) + \varepsilon_t(\tau)$$

Esta estimación requiere el uso de un método no lineal, para cualquier corte transversal en cualquier fecha del período. Pero si se impone un valor fijo para λ_t , entonces se puede encontrar estimaciones para los β vectores para cada período de tiempo usando simplemente un estimador de mínimos cuadrados ordinarios. Tomando un correspondiente β vector, una serie de tiempo esta disponible fácilmente para cada uno de sus componentes.

Si se logran identificar los β como estimadores de los factores latentes L , S , C , entonces un estimador de un vector autorregresivo puede ser implementado de

acuerdo a una interacción dinámica entre el factor latente de la curva de rendimiento y las variables macroeconómicas.

Bajo el supuesto que los vectores latentes siguen un proceso VAR(1) entonces la representación estática de la curva esta dada por:

$$(24) \quad \begin{pmatrix} R_t(\tau_1) \\ \vdots \\ R_t(\tau_n) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1-\exp(-\lambda\tau_1)}{\lambda\tau_1} & \frac{1-\exp(-\lambda\tau_1)}{\lambda\tau_1} - \exp(-\lambda\tau_1) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \frac{1-\exp(-\lambda\tau_n)}{\lambda\tau_n} & \frac{1-\exp(-\lambda\tau_n)}{\lambda\tau_n} - \exp(-\lambda\tau_n) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L_t \\ S_t \\ C_t \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_t(\tau_1) \\ \vdots \\ \varepsilon_t(\tau_n) \end{pmatrix}$$

Pero para ello se necesita predecir los parámetros, lo que se hará por medio de sus rezagos. Finalmente la predicción de los parámetros esta dado por la ecuación (25):

$$(25) \quad \begin{pmatrix} L_t - \mu_L \\ S_t - \mu_S \\ C_t - \mu_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \alpha_{13} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \alpha_{23} \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & \alpha_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L_{t-1} - \mu_L \\ S_{t-1} - \mu_S \\ C_{t-1} - \mu_C \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \eta_t(L) \\ \eta_t(S) \\ \eta_t(C) \end{pmatrix}$$

Donde η_t y ε_t son independientes e idénticamente distribuido. La metodología de predicción anterior se conoce como Filtro de Kalman⁶.

3.5 Aplicaciones de los modelos vistos en el capítulo.

La primera aplicación de estos modelos la podemos ver en el propio trabajo de Nelson y Siegel 87, donde estos autores evalúan la curva de rendimientos para los Treasury Bills de EEUU. Para esto se tomaron datos mensuales desde el 22 de enero de 1981 hasta el 27 de octubre de 1983, lográndose 37 ejemplos. Este trabajo empírico demostró una muy buena habilidad del modelo para ajustarse a la forma de joroba que posee la curva, esto con muy altos R cuadrados. Esto demostró empíricamente que un muy simple modelo con pocos parámetros es capaz de caracterizar el término estructural de los

⁶ El filtro de Kalman es un algoritmo de actualización para las proyecciones lineales de vectores estáticos, basado en variables observables, que permite que la función de probabilidad pueda ser escrita bajo normalidad, basándose en una predicción de descomposición de los errores. Luego que se obtiene la función de probabilidad, los estimadores son calculados por medio de métodos de optimización numérica. Adicionalmente, se suavizaron las estimaciones del vector estático.

treasury Bills. Por lo tanto, si el modelo es capaz de reflejar la estructura básica, implica que es posible predecir los rendimientos o precios de los datos con los que se cuenta. Además, se encontró una alta correlación entre el valor presente de los bonos de largo plazo ampliando el ajuste de la curva (por medio de rendimientos estimados por el modelo) y el actual reporte de precios de los bonos, esto ha permitido que muchos agentes privados puedan utilizar este modelo para calcular el precio de distintos bonos. Además, se han escrito muchos estudios empíricos para una gran cantidad de países que han calculado la curva de rendimientos por medio de este modelo, siendo muy utilizado en países latinoamericanos.

Por su parte, Svensson realiza una estimación de la curva forward por medio de su modelo para Suiza, y luego la compara con la curva de Alemania. En el año 92 se ve que la tasa de préstamo marginal para Suiza sube hasta llegar a la cima, lo que se debió a una crisis que enfrentó el país. Las estimaciones de la curva forward son muy poco confiables para el período de crisis y durante las secuelas posteriores. Este autor utiliza su modelo principalmente para analizar el comportamiento de la curva forward y la curva spot antes, durante y después de la crisis ocurrida en Suiza. Luego compara la curva de suiza con la de Alemania, lo que le permite inferir diferentes hipótesis, entre las cuales están ¿por qué se producen las diferencias entre las curvas? y ¿cuál es el comportamiento que deberá seguir la curva spot de suiza dada la de Alemania? Por ejemplo, la diferencia entre las tasas forward puede ser interpretado como las expectativas futuras que seguirá la depreciación de la tasa monetaria, mientras que la diferencia entre la curva spot entre Suiza y Alemania puede ser interpretada como la depreciación de la tasa monetaria relativa a cada madurez. Además, este autor realiza una serie de comparaciones entre distintos países europeos para ver las diferencias entre las curvas de rendimientos que estos poseen, y de esta forma determinar por que se producen. Esto permite poder proyectar posibles cambios que pueda tener las curvas de rendimientos en cada uno de los países estudiados. Por otro lado, vemos que en Parisi 2006 realiza un estudio para ver cual de los dos modelos se ajusta mejor a la curva de rendimientos chilena, llegando a la conclusión de que SV funciona mejor para las tasas cortas, mientras que NyS

lo hace para las tasas largas (esto se determina de acuerdo al modelo que presente menor error cuadrático).

Tanto Nelson y Siegel como Svensson, son muy utilizados por distintos bancos centrales del mundo para calcular la curva de rendimientos. A continuación se presenta una lista de países que utilizan los modelos propuestos por estos autores.

Tabla (1)
Bancos centrales que utilizan los modelos de SV o NS

Banco Central	Metodología
Bélgica	SV y NS
Canadá	SV
Finlandia	NS
Francia	SV y NS
Alemania	SV
Italia	NS
Noruega	SV
España	SV y NS
Suecia	SV
Suiza	SV
Reino Unido	SV

Fuente: tesis "Estructura y Dinámica de Tasas de Interés Reales en Chile: Información contenida en los pagares reajustables con pagos en cupones del Banco Central.

Con respecto a los otros autores mencionados, Diebold y Li (2002) y Morales (2004), tenemos que son muy pocas o prácticamente nulas las aplicaciones que podemos encontrar en la literatura con respecto a estos métodos, esto principalmente por lo reciente de estas publicaciones, lo que no ha dado pie a poder realizar una importante cantidad de estudios en que se apliquen estos modelos. Sin embargo, estos autores aplican en sus propios estudios los planteamientos hechos en el paper. Por un lado DyL utilizan datos de EEUU para comprobar la potencia de su modelo y darle un respaldo empírico. Además, este autor utiliza un VAR para incorporar en el trabajo la interacción que existe entre las variables económicas y la curva de rendimientos, cuestión que Morales replica en su trabajo para el caso chileno.

CAPITULO 4. Información contenida en la curva de rendimiento

4.1 Ritmo de la actividad económica:

Múltiples autores han evidenciado una relación positiva entre la curva de rendimiento y el ritmo de la actividad económica, la magnitud y la significancia de esta relación difiere de país en país y depende, a la vez del método utilizado para cuantificar la relación.

Existen dos hipótesis que relaciona la pendiente de la curva de rendimiento y el crecimiento económico, la primera asume que si el banco central realiza una política monetaria contractiva, aumentara las tasas de interés a todos los plazos, esto conllevara a encarecer los créditos y a disminuir su demanda, esto paraliza el gasto en la economía y finalmente impacta en un paralización de la actividad económica. Los agentes aumentan las expectativas de tasas de interés pero el aumento será menor para las tasas largas debido un efecto inflacionario que en el largo plazo no se considera.

La hipótesis alternativa relaciona las expectativas del crecimiento económico con las tasas de interés, suponga que los agentes anticipan el comienzo de una recesión económica, estos bajos niveles de crecimiento están asociado a bajas tasas de inflación y así se esperaran bajas en las tasas de interés nominales, en este caso las tasas cortas podrían disminuir mas que las largas debido al mayor efecto de la inflación sobre la primera.

A continuación revisaremos los estudios mas relevantes que han tratado de dilucidar la información que puede contener la estructura a plazo de las tasas de interés.

Estrella y Hardouvelis(1991) intentan predecir las variaciones en la economía de Estados Unidos por medio del diferencial entre las tasas cortas y largas. El estudio se basa en las hipótesis financieras de que el aplanamiento de la curva de rendimientos es capaz de predecir una caída en las futuras tasas spot de interés, la que a su vez esta asociado con una caída en el nivel real del PIB.

El PIB para estados unidos es observado trimestralmente, mientras que la muestra se toma desde 1955 a 1988. La variable dependiente en la regresión del modelo básico es el cambio del porcentaje anualizado y acumulado de la base obtenida. Esta variable se obtiene de la ecuación (26).

$$(26) \quad Y_{t,t+k} = (400 / k) * [\log(y_{t+k} / y_t)]$$

El k es el objetivo en un horizonte trimestral, mientras que y_{t+k} denota el nivel real del PIB durante el trimestre $t+k$, además tenemos que Y_{t+k} denota el porcentaje de cambio del actual trimestre t con respecto el futuro trimestre $t+k$.

También se estudia la capacidad predicativa del porcentaje marginal de cambio anualizado en el PIB real del futuro trimestre $t+k-j$ al futuro trimestre $t+k$, que esta definido por la ecuación.

$$(27) \quad Y_{t+k-j,t+k} = (400 / j) * [\log(y_{t+k} / y_{t+k-j})]$$

En la ecuación anterior se puede ver que el porcentaje de cambio $Y_{t,t+k}$ es un promedio del porcentaje de los cambios marginales consecutivos $Y_{t+i-1,t+i}$ con $i = 1, 2, 3, \dots, k$. esto permite obtener información más precisa sobre las predicciones.

Para obtener la pendiente de la curva de rendimientos, estos autores utilizan como spread el diferencial entre la tasa a 10 años de los bonos de gobierno y la de 3 meses. Este paper ocupa sólo dos tasas pues nada más busca evaluar la capacidad predictiva de la pendiente de la curva de rendimientos. Este diferencial esta dado por la ecuación (28).

$$(28) \quad SPREAD_t = R_t^L - R_t^C$$

Para el cálculo de este diferencial se ocuparon promedios trimestrales, debido a que los autores vieron que existía una mayor predictibilidad utilizando los datos de esta forma.

Finalmente tenemos que el simple modelo que se regresionó esta dado por la ecuación (29).

$$(29) \quad Y_{t,t+k} = \alpha_0 + \alpha_1 SPREAD_t + \sum \beta_i X_{it} + \varepsilon_t$$

Donde $Y_{t,t+k}$ y el $SPREAD$ fueron definidos por la ecuación (27) y (28), mientras que X_t representa un promedio de otra serie de variables durante el trimestre t . los datos son trimestrales, pero el horizonte de predicción k va de 1 a 20 trimestres

Los resultados de la regresión, considerando que una pendiente positiva (negativa) implica una mejora (empeoramiento) en el crecimiento del PIB, indican que para un diferencial entre la tasa larga y la corta de 100 puntos base, implicara que en cuatro trimestres adelante (un año) el PIB deberá crecer en un 3% ($1.7\%+1.3*1\%=3\%$), es decir, nos paramos en el periodo t e intentamos predecir el período $t+4$, para lo cual se obtiene el resultado mencionado anteriormente. Además se obtiene que las constantes α_0 y β_0 son siempre positivas, lo que implica que una pendiente negativa no necesariamente predecirá un crecimiento negativo del PIB. Las conclusiones de estas regresiones son que el SPREAD entre la tasa larga y la tasa corta, es un muy buen predictor del crecimiento que presentará la economía, especialmente en periodos de recepción. El resto de los resultados obtenidos por estos autores en las distintas regresiones, se muestra en el anexo A.

Probabilidad de recesión: Es posible que la curva de rendimientos sea un mejor predictor en el caso en que exista una variable binaria, es decir, solo cuando indica si existirá recesión o no, sin predecir el porcentaje de crecimiento. Esto se hace creando un modelo en que exista una variable $X_t=1$ la que indica presencia de recesión, o $X_t=0$ cuando hay ausencia de recesión.

El modelo será no lineal, relacionando la probabilidad de recesión con los datos durante el actual trimestre. El modelo esta dado por la ecuación (30).

$$(30) \quad \Pr[X_T = 1 / SPREAD_{T-4}] = F(\alpha + \beta SPREAD_{t-4})$$

En la ecuación anterior tenemos que “Pr” denota la probabilidad, F es la distribución normal acumulada, y $X_t = 1$ durante cada trimestre que se considere una recesión oficial⁷. La ecuación anterior es un modelo probit, y la función de probabilidad logarítmica esta dada por:

$$(31) \quad \log L = \sum_{X_t=1} \log F(\alpha + \beta * SPREAD_{t-4}) + \sum \log F(1 - \alpha - \beta * SPREAD_{t-4})$$

Al maximizar la función de probabilidad logarítmica con respecto a los desconocidos parámetros α y β durante el mismo período de datos, obtendremos la ecuación (32).

$$(32) \quad \Pr[X_t = 1 / SPREAD_{t-4}] = F(-0.56 * -0.78 * SPREAD_{t-4}); Pseudo - R^2 = 0.297$$

Donde el asterisco indica que el nivel de significancia estadística de los coeficientes es del 5%, además se observa un error estándar en ambos coeficientes de 0,16. El Pseudos-R² es la medida total de ajuste de la ecuación. Esta ecuación indica que un aumento en el spread entre el largo y el corto plazo de las tasas de interés, implican una caída en la probabilidad de recesión en 4 trimestres adelante.

Esta ecuación estima la probabilidad de recesión derivado de los datos históricos sobre el spread con 4 rezagos, los parámetros estimados de la ecuación, y una función de distribución normal.

Este estudio presentó una clara evidencia de que la pendiente de la curva de rendimientos puede predecir cambios acumulados en la producción real para cuatro trimestres en el futuro, además de cambios marginales en la producción real para un año y medio adelante. Se muestra que la pendiente de la curva de rendimiento tiene un mayor poder predicativo que otros importantes indicadores económicos. La información que entrega la pendiente de la curva de rendimientos ha sido usada tanto por inversionistas privados como por la reserva federal. Sin embargo, no es claro que la pendiente de la curva de rendimientos continuara siendo un buen predictor de la

⁷ Para que exista recesión, básicamente deben existir 2 trimestres consecutivos de crecimiento negativo.

actividad económica en el futuro, especialmente si la reserva federal adopta la pendiente como una variable de información para la determinación de las reglas.

Este estudio también predice la probabilidad de recesión por medio de una variable binaria, buscando de esta forma encontrar sólo una probabilidad de recesión, y no un porcentaje de crecimiento. Finalmente este estudio pretende ser un importante instrumento para los inversionistas privados, además del sector público, pudiéndoles entregar un mayor poder predicativo ante los cambios en el PIB, y de esta forma puedan tomar mejores decisiones.

En 1996 Bernard y Gerlach, utilizando la metodología desarrollada por Estrella y Hardouvelis (1991), proveen evidencia de la utilidad del spread de tasas para predecir la probabilidad de recesión en ocho países desarrollados, estos son: Bélgica, Canadá, Francia, Alemania, Japón, Holanda, Inglaterra y Estados Unidos. Para el periodo comprendido entre 1972-1993. Las estimaciones se desarrollan en base a modelos probit en donde la variable dependiente es una variable dummy que toma el valor 1 si ocurre recesión y 0 si no. El modelo queda de la siguiente forma:

$$(33) \quad P_t = F(\alpha + \beta * spread_{t-k})$$

el P_t es la variable dummy que representa la existencia de recesión, F es función acumulada normal, el valor \hat{P}_t se interpreta como la probabilidad de ocurrencia de la recesión, condicional al valor observado del spread. El valor k mide el desfase que comprende el spread de tasas.

Los resultados muestran que el poder predictivo, medido por el R^2 es alto en Alemania, Estados Unidos, Inglaterra y Canadá en orden decreciente, para Japón por el contrario existe un bajo poder predictivo.

En el estudio los autores describen la probabilidad de ocurrencia de una recesión⁸, por ejemplo tomando como ejemplo Alemania la probabilidad de recesión para un spread de 3% es de 2%, a medida que aumenta el spread, de la misma forma se mueve la probabilidad de recesión, llegando al caso del spread de -4% con una probabilidad asociada de un 99%.

⁸ Ver anexo B

En general se observa que en los otros países del estudio, spread negativos están asociados con periodos débiles económicamente, exceptuando el caso de Japón cuya diferencia se puede explicar debido a la regulación del mercado financiero Japonés durante la primera parte de periodo de muestra. Justamente este grado de libertad en los mercados es descrito como principal responsable de las diferencias encontradas en los diversos países.

En otro apartado del paper introduce una variable que representa el spread de Estados Unidos y Alemania para predecir la probabilidad de recesión en los diversos países. Determinante en la elección de estos países es el alto grado de comercio internacional que presentan. De esta forma, se encontró que el spread de Estados Unidos es significativo en al menos una regresión por país (excluyendo a Japón), y que para el caso de Inglaterra se observa el spread es significativo para todos los horizontes de tiempo

En el caso de Alemania se encuentra que el spread es significativo en la economía de Estados Unidos para $K=0, \dots, 5$ trimestres, también en $K=5$ y 6 en Francia y $K=3, \dots, 6$ en Canadá, sin embargo para Inglaterra no es significativo. Así en general se puede encontrar información relevante en el spread de otro país para predecir futuras recesiones.

Los estudios que investigan sobre la curva de rendimiento se han desarrollado, en su mayoría en países industrializados, no obstante existe una serie de estudios que dan cuenta de considera la realidad de los países emergentes. La complejidad adicional que afecta en a estos países es la discreta disponibilidad y calidad de los datos existes.

En Costa Rica fue la primera economía Centroamérica en desarrollar un análisis de este tipo, Kikut, Muñoz y Durán (1996), utiliza para estimar el cambio del PIB la siguiente formula:

$$(34) \quad \Delta PIB_t = \alpha + \beta * spread_{m,n} + e_t$$

Debido a la poca profundidad del mercado estudiado se opta por construir la curva de rendimiento utilizando el total de transacciones en moneda local efectuadas en el mercado primario y secundario de la Bolsa de Valores, durante el primer trimestre de 1985 al primer trimestre de 1994. Los resultados empíricos no mostraron evidencia

estadística significativa de una correlación entre la tasa de crecimiento de la actividad económica y el margen del rendimiento.

Posteriormente, Fernández (2000) desarrolla el estudio para la realidad Chilena, efectuando un trabajo empírico que analiza el periodo 1993-1997, durante este espacio de tiempo Chile mostró un crecimiento persistente de la economía. El análisis se basó en modelos VARs no restringido y utilizó el método de funciones de impulso-respuesta generalizadas propuesto por Pesaran y Shin (1998). Utiliza como proxy de nivel de actividad económica el Índice Mensual de Actividad Económica (IMACEC) elaborado por el Banco central de Chile, considera como fluctuaciones del IMACEC de corto plazo a un horizonte de un mes y de largo plazo a uno de doce meses.

Realiza dos análisis por separado, el primero se enfoca en la variación porcentual del IMACEC a un mes, en el cual estima un VAR no restringido con 6 rezagos para el spread de tasas a 1-3 años y 90-365 días y la variación mensual del IMACEC, para este horizonte de análisis encuentra que el spread de tasas nominales no posee un poder explicativo concluyente y comienza a evidenciarse recién con rezago de tres meses. Al estimar funciones impulso respuesta muestra que tanto el spread como la variación porcentual del IMACEC vuelve a su equilibrio de largo plazo en alrededor 20 meses y el mayor impacto sobre la tasa de crecimiento del IMACEC se registra en el cuarto mes de ocurrida la innovación.

El segundo análisis lo realiza en base a variaciones porcentuales del IMACEC en doce meses, en este caso, se rechaza solo con un 86% por ciento de confianza la hipótesis nula de que los rezagos en el spread no son buenos predictores de la tasa de variación porcentual del IMACEC. El mayor impacto se registra tras 6 meses de ocurrida la innovación del spread de tasas nominales.

En términos generales y para esta economía encuentra que no es el spread de tasas nominales, si no el nivel de la tasa de interés real de corto plazo, la variable que capta mejor la variación del IMACEC.

En el año 2003 Castellanos y Camero realiza un análisis relacionando el Índice de Actividad Industrial con la estructura de tasas de interés. El estudio comprende los años 1985-2000, periodo que tiene la particularidad que incluye un periodo de estabilidad económica, uno de fuerte crisis (1994-1995) y otro de alta volatilidad en los mercados financieros internacionales (1997-1998). Incorpora una prueba de Chow

para verificar si es que se producen cambios significativos en los datos producto de diferentes grados de liberalización de los mercados financieros y de diferentes regimenes de tipo de cambio observados en México durante el periodo en cuestión. Estas pruebas en general rechazaron la hipótesis nula de que no hay cambio estructural al 5% de significancia.

La ecuación utilizada para encontrar la relación entre el cambio en la actividad económica y los diferenciales de tasas de interés, es la siguiente:

$$(35) \quad y_{t,t+k} = \alpha_K + \beta_k (i_{t,t+m} - i_{t,t+n}) + X_t + \varepsilon_t$$

En donde la variable dependiente representa la tasa anualizada de crecimiento de la actividad económica en t , k meses en el futuro (Índice de Actividad Industrial). El termino que se encuentra en paréntesis es la diferencia en t entre la tasa de interés nominal a m meses y la misma tasa en n meses, los términos α_k y β_k son parámetros que el paper estima y X_t es un vector de variables adicionales.

Aunque en el estudio se utilizan tasas nominales igualmente se verifican los resultados utilizando tasas reales, y estos son coincidentes con los encontrados con tasas nominales.

En este trabajo se calculan las tasas de crecimiento para distintos horizontes de tiempo, y diferentes tipos de tasas de interés. Los coeficientes asociados al diferencial de tasas de interés son significativo en 20 de los 42 casos estudiados, siendo estos a su vez en diferencias, casi siempre, mayores a 6 meses. Se advierte que al introducir diferenciales de tasas de mayor plazo también se acrecienta el nivel del R^2 , tal como se advierte en otros estudios realizados en economías desarrolladas, lo cual se relaciona con la estabilidad de las relaciones en el tiempo.

Analizando las funciones impulso-respuesta, en todos los casos analizados (solo los significativos), el efecto que encontraron fue positivo entre la estructura de tasas y el índice de actividad económica, además mientras mayores sean los diferenciales de tasas de interés nominales de más largo plazo, mayor es su significancia.

Los datos aportan una evidencia importante de la relación de la ETTI y el nivel futuro de la economía mexicana durante el periodo estudiado, de hasta 6 trimestres en el futuro, sin embargo existe una relación más potente en un horizonte menores a 6 meses.

El paper también ahonda desde otra perspectiva el problema, tratando de testear la probabilidad de ocurrencia de una recesión económica mediante la implementación de un modelo probit, se reemplazo la variable dependiente por una variable dicotómica, donde si $Y_{t,t-k} \leq 0$ existe recesión. Así la hipótesis nula es que si se genera una disminución en la pendiente de la ETTI esto producirá un aumento en la probabilidad de recesión.

Es así como en todas las regresiones de distintos plazos, se obtuvo un coeficiente que se asocia al diferencial de tasas en interés posee signo negativo, lo cual indica, que si aumenta el diferencial de tasas, la probabilidad de recesión disminuye. En este sentido, se obtiene que un incremento de un 0.7096 cuando se utiliza el diferencial de tasas de interés de 3 y 12 meses. Resultados que van en la misma dirección que los encontrados en tiempo continuo y similares a lo encontrado por Estrella y Mishkin 1995, en un conjunto de economías desarrolladas.

En el 2005 y utilizando una metodología similar a la implementada por Harvey(1988), Arango, Florez y Arosemena investigan las implicancias de esta teoría para Colombia. Utilizan un modelo logit ordenado como base para realizar las estimaciones de la relación entre las variables

$$(36) \quad Q_{2,1} = F \left[(\alpha_0 + \alpha_1(i_2 - i_1)_t - \alpha_2(\pi_2 - \pi_1)) \right]$$

En este caso la variable dependiente es una medida de la probabilidad de un cambio de régimen de la actividad económica entre los triodos 1 y 2, por otro lado incluye en la ecuación el diferencial de tasa de interés y con signo negativo el diferencial de inflación entre los periodos 1 y 2.

Para calcular el spread de tasas de interés se utilizo el promedio mensual del rendimiento nominal a 6, 12 y 24 meses de instrumentos a tasa fija emitidos por el gobierno durante el periodo 1995-2003 los spread de tasas analizados fueron: i_{24-12} ,

i_{24-6} y i_{12-6} . Por otra parte, para el caso de diferencial de inflación se considero los mismos periodos que para el spread de tasas, para esta serie se encontró la existencia de raíces unitarias en el diferencial de inflación de i_{24-6} lo cual, aminora las implicancias empíricas de este trabajo.

Para identificar los estados de desempeño de la economía utiliza un modelo no lineal tipo LSTAR⁹, así puede identificar los cambios de régimen de la economía. En base a esto obtuvo que el spread de 6y 12 meses no predice un cambio de régimen debido a la falta de significancia del coeficiente asociado al spread de tasas de interés, el autor aduce que esto se puede deber a que el aumento de la inversión se puede compensar con la caída en el consumo de la manera que el efecto neto en el producto no es de importancia.

Para el periodo de 12 y 24 meses se concluye que un aumento en le spread de las tasas de interés reduce la probabilidad que se presente un cambio adverso en la actividad económica.

4.2 Otras variables económicas.

El incremento en el nivel general de precios o fenómeno comúnmente conocido como inflación es una variable económica que tiene múltiples efectos en las finanzas personales y corporativas, podemos nombrar algunos efectos nocivos de este fenómeno, tales como: Disminución de poder adquisitivo de una misma dotación monetaria, distorsión en el mercado de crédito, ineficiencias administrativas (costo de etiquetar), afectar la balanza de pagos, distorsión de la información en el mercado, etc. Todo lo anterior hace muy atractivo conocer la inflación que afectara a los periodos venideros, la inflación futura se convierte en un indicador relevante para la confección de políticas macroeconómicas consistentes.

⁹ La estructura STAR son modelos autorregresivos de transición suave, se supone que el proceso generador de de la serie (Y_t) oscila de forma suave entre dos regimenes extremos. Se denota por:

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_i \alpha_i Y_{t-i} + \left(\beta_0 + \sum_i \beta_i Y_{t-i} \right) F(Y_{t-d}) + \varepsilon_t$$

El modelo LSTAR es uno de los mas comunes y supone la siguiente función:

$$F(Y_{t-d}) = [1 + \exp(-\gamma(Y_{t-d} - c))]^{-1} \quad \gamma > 0$$

La tasas de interés nominal se compone de una tasa real más un efecto inflacionario sobre el capital e interés, de aquí surge la idea de estimar la inflación futura mediante la observación de la estructura íntertemporal de tasas de interés nominales, por ejemplo, un cambio en la pendiente de la curva de rendimiento como un aumento, puede evidenciar un aumento en las expectativas de inflación de las personas, y de esta forma tener un efecto real en esta variable.

Existe un grupo de estudios que no encuentra un vinculo fehaciente entre la curva de rendimiento y movimientos futuros en las tasas de inflación. Presentando resultados disímiles que ponen en duda la verdadera capacidad predictora.

Por ejemplo en su estudio aplicado a la realidad de EEUU Mankiw y Summers 1984¹⁰, hallan una inconsistencia con la teoría de expectativas, la cual postula que las tasas largas debiesen ser un promedio ponderado de las tasas de interés esperadas a corto plazo, estos afirman que las tasas largas poseen una mayor volatilidad que la espera. Argumentando que esta mayor sensibilidad es totalmente coherente con el conocimiento popular que dice que los mercados financieros sobre-reacciones ante importante noticias del acontecer local e internacional. Esta característica genera una serie de importantes implicancias para las políticas macroeconómicas y sus efectos en los mercados financieros.

No obstante a lo anterior, existe una muy nutrida literatura que ha documentado la experiencia en diversos países del mundo sobre este fenómeno.

El primer desarrollo que cimentó los avances posteriores en esta área, los realizo Fisher(1930), él investigo sobre los factores que afectan las tasas de interés realizando la distinción entre la tasa de interés real y nominal en una economía donde existe inflación, la ecuación de tasa de interés nominal es:

$$(37) \quad \boxed{i_t^m = rr_t^m + E_t \pi_t^m}$$

rr_t^m y π_t^m corresponde a la tasa de interés real y a la tasa de inflación entre el periodo t y el periodo m , por ultimo E_t es el termino de expectativas.

¹⁰“ Do Long-Term Interest Rates Overreact to Short-term Interés Rates?”

Sin embargo el gran aporte de Fisher es establecer las implicancias para la dinámica de tasas de interés. A continuación detallaremos estas conclusiones:

- La tasa de interés nominal tiende a ser elevada(baja) cuando el índice general de precios esta en aumento(descenso)
- La tasa de interés sigue a la tasa de crecimiento de los precios con un cierto rezago, es debido a que la formación de la percepción de los individuos no es instantánea tomando un lapso de tiempo en generarse.
- El tipo de interés esta altamente relacionado con la tasa de crecimiento de los precios experimentada en periodos anteriores evidenciando el efecto retraso.
- La tasa de interés tiende a ser alta (bajo) cuando el nivel general de precios es elevado (bajo).

Así explica Fisher el importante rol de las expectativas en la conformación de las tasas de interés, y como se relaciona las expectativas con los niveles de inflación.

En 1990 Frederic Mishkin desarrolla dos¹¹ estudios que examinan la evidencia empírica que relaciona la estructura intertemporal de tasas de interés y la inflación futura. El análisis empírico se enfoca en la estimación de una ecuación de predicción del nivel de inflación futura. Se refiere a la ecuación de cambio en la inflación como:

$$(38) \quad \pi_t^m - \pi_t^n = \alpha_{m,n} + \beta_{m,n} (i_t^m - i_t^n) + \eta_t^{m,n}$$

La ecuación es una regresión del cambio en la tasa de inflación futura entre el período m y el periodo n ($\pi_t^m - \pi_t^n$), la pendiente corresponde a la diferencia de tasas de interés ($i_t^m - i_t^n$). La significancia estadística y el valor del término $\beta_{m,n}$ provee importante información sobre la relevancia de la pendiente para observar futuros cambios en la inflación, si es significativamente diferente de cero entonces la pendiente sí contiene información sobre el cambio en la tasa inflación futura. El autor obtuvo como resultado que para una madurez de nueve y doce meses, la estructura a plazo de la tasa de interés contiene información sobre la inflación futura y el término $\beta_{m,n}$ para esa madurez es significativo durante el periodo estudiado (1964-1986).

¹¹ “What does the term structure tell us about future inflation?” y “The information in the longer maturity term structure about future inflation”

Por su parte Kozicki (1997)¹² estudia una muestra que comprende a Australia, Canadá, Francia, Alemania, Italia, Japón, Suecia, Suiza, Inglaterra y Estados Unidos durante el periodo 1970 a 1996. utiliza la siguiente ecuación en sus estimaciones

$$(39) \quad \boxed{INFLACION_{t+h-4,t+h} = \alpha + \beta * spread_t + \delta * INFLACION_{t-4,t} + error_t}$$

Donde $INFLACION_{t+h-4,t+h}$ es la inflación de anual, comenzando en el trimestre $t+h-4$ y terminando en el trimestre $t+h$, $INFLACION_{t-4,t}$ es la inflación anual comenzando en el trimestre $t-4$ y terminando en el trimestre t .

Sus resultados sugieren que el spread ayuda a predecir la inflación dos a cuatro años en el futuro¹³. El spread explica entre el 1 por ciento (Francia) y el 33 por ciento (Suecia) de la variación en la inflación en un horizonte de cuatro años. En este horizonte, las estimaciones del coeficiente del spread β , es positivo y estadísticamente significativo para seis de los diez países examinados.

La relación entre el spread y las tasas de interés (cortas y largas), también ha sido un motivo de investigación de diversos autores como Mankiw(1986), Campbell y Shiller(1991), y Hardouvelis(1994).

Hardouvelis(1994) utilizando datos de los países del G7¹⁴ y como spread el diferencial de tasas de interés de diez años y tres meses para cada uno de los países, examina la relación entre el spread y la evolución futura de las tasas de interés largas y cortas.

El paper encuentra que curiosamente para Estados Unidos las tasas largas no pueden ser pronosticadas a partir de la curva de rendimiento, en cambio en Francia e Italia se encuentra que las tasas de interés de largo plazo pueden efectivamente ser pronosticadas a partir del spread. Utilizando variables instrumentales. Al utilizar la metodología de Vector Autoregresivo(VAR) similar ala utilizada por Campbell y Shiller(1991) confirma que con la excepción de Estados Unidos se cumple la hipótesis de expectativas, la cual señala que la pendiente de la curva de rendimiento es un predictor insesgado de las expectativas del mercado sobre la trayectoria futura de la tasa de interés de corto plazo.

¹² Predicting Real Growth and Inflation With the Yield Spread.

¹³ Ver anexo C

¹⁴ Estados Unidos, Canadá, Italia, Francia, Inglaterra, Alemania y Japón

CAPITULO 5. Análisis empírico para el caso Chileno

En este apartado se intenta proyectar el comportamiento de la economía chilena por medio de la información contenida en la curva de rendimientos del mismo país. Como medida del comportamiento económico del país, se tomó el índice mensual de actividad económica (IMACEC), publicado mensualmente por el banco central de Chile. La pendiente de la curva de rendimientos nominal fue determinado de acuerdo a la diferencia entre las tasas que entrega el BCP (Banco Central Bonos Bullet en Pesos) a 5 años plazo y PDBC (pagares descontables) a 90 días. La razón por la que se utilizaron distintos papeles es que los BCP se emiten sólo para el largo plazo (uno, cinco y diez años, etc), mientras que los PDBC son instrumentos de corto plazo, por lo que se hace necesario combinarlos para lograr un diferencial entre las tasas de largo y las de corto plazo. Este estudio contempla por un lado realizar una regresión por mínimos cuadrados ordinarios entre el logaritmo natural del IMACEC y el Spread de tasas mencionado anteriormente. Por otra parte, se construyó un modelo Probit utilizando como variables la variación del IMACEC y el spread de tasas, siendo la finalidad del modelo poder determinar la probabilidad de que el IMACEC tenga una variación positiva o negativa.

5.1 Datos y metodología

Los datos utilizados en este estudio fueron extraídos de la página Web del banco central de Chile. Las series de datos tanto del IMACEC como de las tasas nominales de largo y de corto plazo comienzan en septiembre de 2002 y finalizan en Octubre de 2006 (antes de este periodo no había emisión de BCP), encontrándose todas la series de forma mensual. La serie del IMACEC utilizada se encuentra desestacionalizada, es decir, excluye el efecto estacional y calendarico.

El modelo utilizado para determinar el comportamiento de las variaciones de la economía, es el que se muestra en la ecuación (40).

$$(40) \quad \boxed{\ln(IMACEC) = \alpha + \beta * Spread_{L-C} + \varepsilon}$$

Como podemos ver en la ecuación anterior, la variable dependiente es el logaritmo natural de IMACEC, mientras que la variable independiente esta determinada por el spread entre la tasa nominal a 5 años y la tasa nominal a 90 días.

La primera regresión que presenta el modelo fue hecha utilizando las dos variables en forma contemporánea, para luego correr modelos con uno y dos rezagos, esto último con el fin de evaluar el desfase que pudiera existir entre la variable dependiente y la independiente.

Por otro lado, con el objeto de determinar la probabilidad de que la variación del IMACEC fuera negativa o positiva en un determinado mes, se utilizó un modelo Probit, es decir, un modelo no lineal y binario en donde la variable dependiente mostrara un 0 cuando la variación del IMACEC es positiva y un 1 cuando es negativa, o más precisamente, cuando el modelo pronostique con una probabilidad por sobre el 50% de que en el mes siguiente habrá un IMACEC negativo, entonces la variable binaria tomara el valor 1 (la variable tomara el valor 0 en el caso contrario). Como el total de datos es de 49, se determinó que intramuestralmente se utilizarían los 30 primeros, dejando el resto para hacer un análisis extramuestral.

Para el caso del modelo Probit también se utiliza primero las dos variables contemporáneamente y luego el spread presentara un rezago.

La construcción del modelo intramuestralmente se hará de la siguiente forma.

- Cuando las variaciones del IMACEC presentan números continuos tanto positivos como negativos, se dirá que cada vez que la variación de este índice presente valores negativos, la nueva variable tomara el valor 1 y cuando presente valores positivos tomara el valor 0.
- Se calculará la probabilidad de cada suceso utilizando la distribución normal que presente el primer coeficiente " α " más el producto entre el segundo coeficiente " β " y la variable independiente utilizada.
- Debido a que el modelo probit no es lineal, se utilizó un método de estimación de máxima verosimilitud. Por lo tanto, se buscaron los parámetros α y β que maximizaran la suma de las probabilidades obtenidas anteriormente.
- Finalmente, tanto para los datos intramuestrales como para los extramuestrales se comparo el número de veces que el modelo acertó (probabilidad de predecir

variación negativa cuando realmente la hubo y probabilidad de predecir variación positiva cuando esta ocurrió realmente), obteniéndose de esta forma la probabilidad de acierto del modelo.

La ecuación que describe este modelo esta dada por como se menciono anteriormente por la siguiente formula.

$$(41) \quad IP(Y = 1) = \text{distribución_normal}(\alpha + \beta * \text{spread}_{L-C} + \varepsilon); \mu = 0, \sigma = 1$$

Luego se maximiza la suma de las probabilidades con respecto a α y β como se muestra en la ecuación (42).

$$(42) \quad \text{máximo}_{\alpha, \beta} \left(\sum_t IP(Y = 1) + \sum_t [1 - IP(Y = 1)] \right)$$

5.2 Resultados

Los resultados obtenidos utilizando el modelo descrito por la ecuación (40) son bastante interesantes, obteniéndose un modelo con una muy buena capacidad predicativa del IMACEC. A continuación se muestra en la tabla número dos los resultados obtenidos por el modelo aplicado en primer lugar sin rezago y luego con uno y dos rezagos.

Tabla (2)

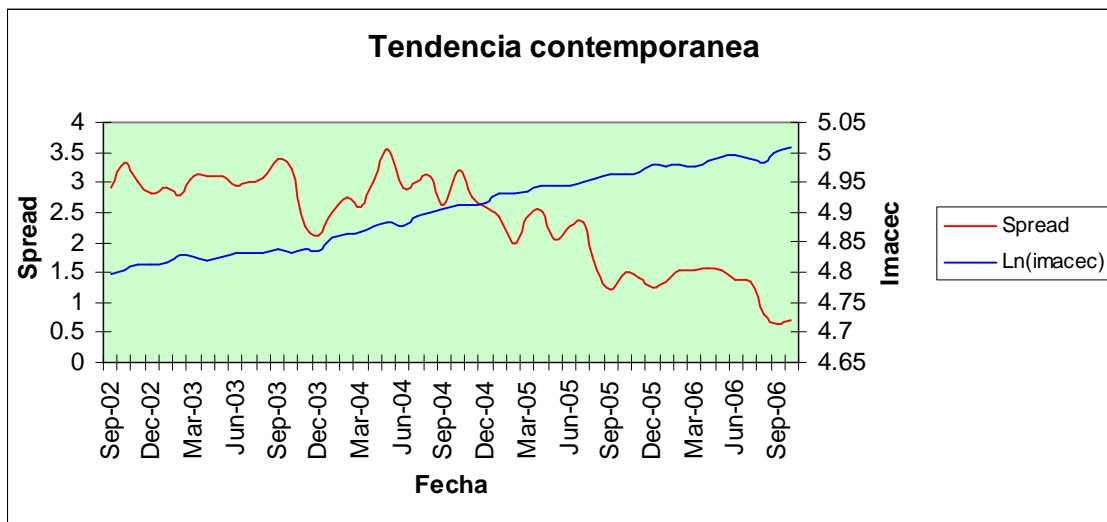
Modelo	α	β	R2	Coef. Correl
Contemporaneo <i>Significancia</i>	5.066967103 1%	-0.070006661 1%	71%	0.84
Un rezago <i>Significancia</i>	5.074096067 1%	-0.07112628 1%	70%	0.84
Dos rezagos <i>Significancia</i>	5.082387368 1%	-0.072616551 1%	69%	0.83

Como podemos ver en la tabla los R cuadrados ajustados de todo los modelos son bastante buenos, siendo el mas alto el que utiliza las variables contemporáneamente con un 71% de bondad de ajuste. Por otro lado, todos lo coeficientes presentaron un nivel de significancia estadística igual o superior al 1%, lo que implica las dos medidas más importantes para determinar la buena

capacidad del modelo para predecir el IMACEC, presentan valores absolutamente convenientes. Además, como se puede ver en la misma tabla, el coeficiente de correlación entre estas variables es bastante alto, lo que indica que las variables se mueven muy similarmente. Por lo tanto, cuando el spread disminuye, es decir, tenemos un aplanamiento de la curva de rendimientos, también disminuirá el IMACEC.

A continuación, podemos ver en el grafico numero (4) la tendencia que tiene cada una de las variables en el tiempo. El gráfico presenta dos ejes de ábsidas donde el primero muestra la escala que tiene el Spread de tasas sin ningún rezago. El segundo eje muestra la escala que presento el Ln del IMACEC. Además, ambas tendencias determinadas mensualmente.

Grafico (4)



Como podemos apreciar en el gráfico anterior, las dos líneas de tendencia son muy parecidas lo que implica que se puede lograr una buena capacidad predictiva. Vemos que cada vez que se produce una caída en el spread de tasas, es decir hay un aplanamiento de la curva de rendimientos, el IMACEC tiende a caer también. Esto puede ocurrir debido a que los agentes del mercado chileno estarían anticipando los problemas de la economía, por lo que se refugian en papeles largo, llevando de esta forma a que estas tasas caiga en relación a las corta y por ende disminuya el spread.

Finalmente, debido a que se desea tener una capacidad predictiva y de esta forma poder proyectar los cambios en la economía antes de que esta ocurra, a

continuación se presentaran los gráficos (5) y (6), los que muestran la tendencia entre el Ln(IMACEC) y el Spread de tasas, sin embargo, el spread del primer gráfico presenta un rezago, mientras que el segundo cuenta con dos. De esta forma podemos ver como es posible proyectar uno o dos meses atrás como vendrá la mano en la economía.

Grafico (5)
Spread de tasas con un rezago

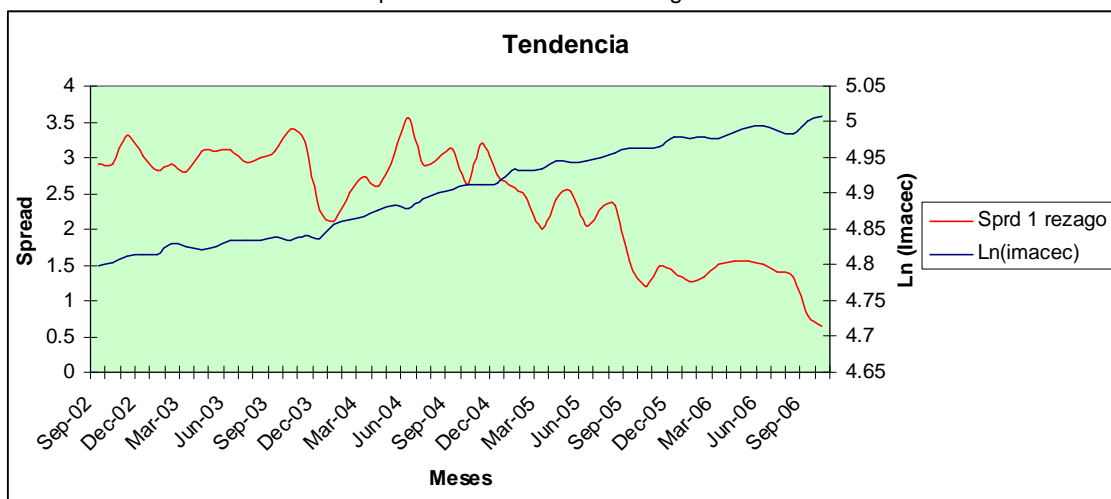
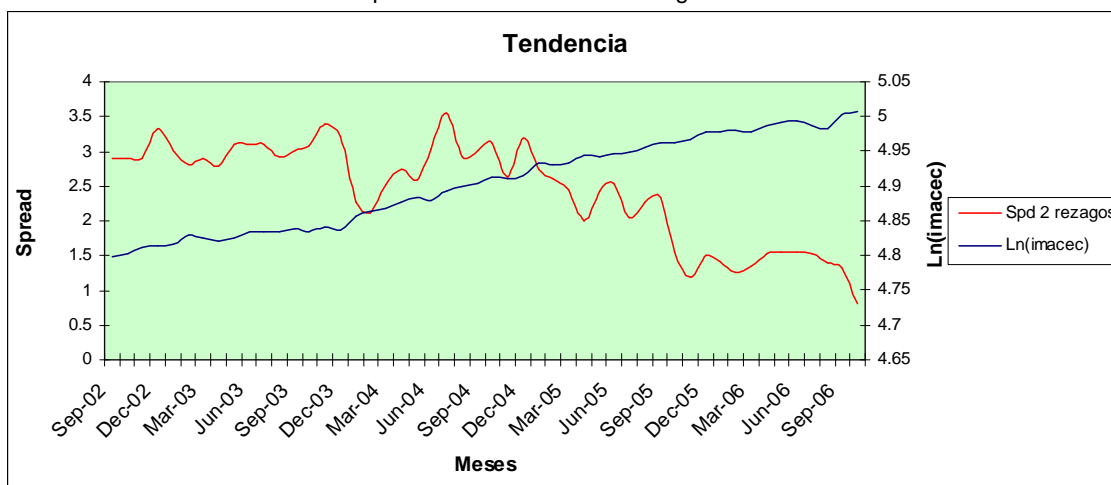


Grafico (5)
Spread de tasas con dos rezago



Estos gráficos nuevamente muestran que cuando hay caídas en el spread o aplanamiento de la curva, sería un indicador de que el IMACEC presentará caídas, mientras que cuando es spread aumenta, el IMACEC presenta variaciones positivas. También se puede ver que se logra un gráfico mucho más ajustado para el caso en que el spread presenta un rezago.

Resultados del modelo Probit: Con respecto a los resultados obtenidos por el modelo Probit podemos mencionar que estos fueron más buenos de los que se esperaban, lográndose un porcentaje de predicción de signo (PPS) de 100% intramuestralmente para un modelo realizado con una variable sin rezago. Además, se creó también con un modelo donde la variable spread de tasas presentaba un rezago, obteniéndose de igual forma un PPS de 100%.

En el caso extramuestral se obtienen también resultados muy buenos, lográndose un PPS de 83,9% en el caso sin rezagos y un impresionante PPS de 100% para el caso con un rezago en el spread de tasas. Las tablas 3 y 4 que se presentan posteriormente muestran en detalle estos resultados.

Tabla (3)
Resultados del % de predictibilidad del modelo Probit sin rezagos

Intramuestral	Numero de veces	N° de predic. Correctas
IMACEC negativo	9	9
IMACEC positivo	21	21
IMACEC negativo	IMACEC negativo 100%	IMACEC positivo
IMACEC positivo		100%
		PPS 100%

Extramuestral	Numero de veces	N° de predic. Correctas
IMACEC negativo	6	5
IMACEC positivo	13	11
IMACEC negativo	IMACEC negativo 83%	IMACEC positivo
IMACEC positivo		85%
		PPS 83,97%

Tabla (4)
Resultados del % de predictibilidad del modelo Probit con un rezagos

Intramuestral	Numero de veces	N° de predic. Correctas
IMACEC negativo	9	9
IMACEC positivo	21	21
IMACEC negativo	IMACEC negativo 100%	IMACEC positivo
IMACEC positivo		100%
		PPS 100%

Extramuestral	Numero de veces	N° de predic. Correctas
IMACEC negativo	6	6
IMACEC positivo	13	13
IMACEC negativo	IMACEC negativo 100%	IMACEC positivo
IMACEC positivo		100%
		PPS 100,00%

Como podemos ver en ambas tablas, el número total de predicciones extramuestrales fue de 19. El modelo para el caso sin rezagos predijo un IMACEC negativo durante 5 veces y uno positivo durante 11, lográndose un porcentaje de predictibilidad de 83% y 85% respectivamente. En el caso extramuestral y con un rezagos la predictibilidad fue perfecta. Por lo tanto, el modelo Probit con un rezago nos permite determinar el signo que tendrá el IMACEC con un mes de anticipación.

Conclusiones

En el presente trabajo se hace una revisión a la literatura que relaciona la estructura temporal de tasas de interés como predictor de la actividad económica futura, en particular se analiza las hipótesis que le dan sustento teórico, los métodos de estimación de la curva de rendimiento y los resultados empíricos encontrado tanto en economías desarrolladas como emergentes.

Queda en evidencia que aun falta mucho por avanzar en encontrar un sustento teórico que justifique el tipo de estructura y la sensibilidad a los distintos factores, la tarea se complica por el hecho de que la curva de rendimiento esta determinado fuertemente por las expectativas de las personas, factor sumamente complejo de modelar.

El cálculo de la curva de rendimientos ha sido muy estudiado en los últimos años. Muchos nuevos aportes se han incorporado a esta área, creándose modelos muy simples y parsimoniosos que han permitido un rápido y fácil calculo de la curva. La literatura financiera ha estudiado tanto métodos paramétricos, métodos dinámicos y combinaciones de ambos, sin embargo, por su simplicidad y facilidad de manejo, además de los buenos resultados que generan, han sido claramente más utilizados los métodos no paramétricos, tanto por agentes privados, como por los principales bancos centrales del mundo. Los diversos autores han intentado satisfacer de mejor forma las necesidades financieras creando nuevas herramientas muy potentes para los agentes. Los distintos métodos de cálculo de la curva de rendimientos han permitido que muchos países puedan manejar de mejor manera sus reglas monetarias, estandarizando y profesionalizando aún más las decisiones y las políticas a seguir. La utilización de métodos dinámicos o mixtos para el cálculo de la curva de rendimientos, todavía es muy poco utilizado, principalmente por su complejidad y falta de avances tecnológicos acorde a los requerimientos, pero es probable que a medida que las tecnologías se vayan desarrollando, este tipo de metodologías comiencen a tomar mayor relevancia mundial. Además se hará indispensable no sólo el cálculo de las curvas de rendimiento actuales y pasadas, sino que

también las predicciones que se puedan hacer con respecto a esta curva, por lo que los métodos que permitan realizar predicciones de la curva de rendimientos serán muy cotizados por los agentes del mercado.

En cuanto a los estudios empíricos, en general se encuentra evidencia de la validez del uso de la curva de rendimiento como predictor de la actividad económica futura tanto en economías desarrolladas como emergentes, la significancia de los resultados varía de país en país debido a las diferentes regulaciones que hacen reaccionar con distinta sensibilidad el nivel de la actividad a diferentes estímulos del mercado.

El estudio empírico que realizamos para el caso chileno nos demostró que la pendiente de la curva de rendimientos nominal posee una gran capacidad de predicción, lográndose incluso un 100% de predicción de signo en uno de los modelos. Además, los R cuadrados de los modelos hechos por la ecuación (40) fueron bastante buenos, encontrándose entre 0,71 y 0,68 para todos los modelos. Finalmente podemos mencionar que un estudio más acabado en que se proyecte la curva durante un período más largo, podría llevar a conseguir resultados muy interesantes y útiles para los distintos agente financieros nacionales.

Aun queda por dilucidar la totalidad de información contenida en la estructura temporal de tasas de interés, los avances en las predicciones están supeditados a la exactitud de los modelos que estiman la curva de rendimiento, tema que aun esta en desarrollo.

BIBLIOGRAFÍA

- Arango L.E., L.F. Melo y D. Vasquez (2002), “Estimación de la estructura a plazo de las tasas de interés”, Borradores De Economía, N°196, *Banco De La Republica*.
- Bernard H. y Gerlach S. (1996) “Does the term structure predict recessions?: the international evidence” *BIS Working papers*, N°37.
- Campbell J. y R. Shiller, (1991), “Yield spreads and interest rate movements: a bird’s eye view”, *The Review of Economics Studies*.
- Castellanos S. y E. Cameros (2002), “¿Qué información acerca de expectativas de inflación contiene la estructura temporal de tasas de interés en México?”, *El trimestre Económico*, Vol LXIX, N°275
- Diebold, F. X., y Li C., 2002, “Forecasting the term structure of government bond yields”, Working Paper, University of Pennsylvania.
- Dotsey, M. (1998), “The Predictive Content of the Interest Rate Term Spread for Future Economic Growth”, *Federal Reserve Bank of Richmond Economic Quarterly*.
- Estrella, A y G Hardouvelis (1991), “The Term Structure as a Predictor of Real Economic Activity” en *The Journal of Finance*.
- Estrella, A y F. Mishkin (1996), “The yield Curve as a Predictor of U.S. recessions, Current Issues in Economics and Finance”, *Federal Reserve Bank of New York*
- Fama E. (1990), “Term—Structure Forecasts of Interest Rates , Inflation, and Real Returns” en *Journal of Monetary Economics*.
- Hardouvelis G., (1994), “The term structure spread and future changes in long and short rates in the G7 countries: is there a puzzle?”, *Journal of Monetary Economics*.
- Kozicki, S.(1997), “Predicting Real Growth And Inflation With The Yield Spread” En *Federal Reserve Bank Of Kansas City Economic Review*.
- Mankiw G., (1986), “The Term Structure of Interest Revisited”, *Brooking Papers on Economics Activity*
- Mishkin F., 1990a, “What Does The Term Structure Tells us About Future Inflation?”, *Journal of Monetary Economics*.
- Mishkin F., 1990b, “The Information in the Longer Maturity Term Structure About Future Inflation”, *The Quarterly Journal of Economics*, Cambridge.
- Morales M. (2004), “The Yield Curve and Macroeconomic Factors in the Chilean Economy”, *Center of Economics and Finance*, Diego Portales University.
- Nelson, C.R., Siegel, A.F., 1987. Parsimonious modeling of yield curve. *Journal of Business* 60, 473–489.

Parisi F. (1998), "Tasa de Interés Nominal de Corto plazo en Chile: Una Comparación Empírica de sus Modelos". *Cuadernos de Economía*, PUC.

Shiller R y McCulloch H. (1990) "The term structure of interest rates" *Handbook of Monetary Economics*

Svensson, Lars E.O., "Estimating and Interpreting Forward Interest Rates: Sweden 1992 - 1994" (September 1994). *NBER Working Paper Series, Vol. w4871, pp. -, 1994 Available at SSRN.*

ANEXOS

Anexo A

horizonte objetivo, k trimestres adelante	N° obs.	Cambio acumulado				Cambio Marginal			
		α_0	α_1	R^2	SEC	β_0	β_1	R^2	SEC
1	135	1,74*	1,23*	0,13	3,75	1,74*	1,23*	0,13	3,75
		-0,64	-0,29			-0,64	-0,29		
2	134	1,63*	1,35*	0,24	2,82	1,51*	1,46*	0,18	3,64
		-0,56	-0,28			-0,58	-0,31		
3	133	1,64*	1,35*	0,31	2,39	1,67*	1,30*	0,14	3,75
		-0,54	-0,28			-0,54	-0,3		
4	132	1,70*	1,30*	0,35	2,08	1,89*	1,09*	0,09	3,86
		-0,52	-0,27			-0,53	-0,3		
5	131	1,79*	1,24*	0,38	1,86	2,18*	0,84*	0,05	3,95
		-0,5	-0,24			-0,5	-0,75		
6	130	1,89*	1,15*	0,38	1,7	2,42*	0,60*	0,02	4,02
		-0,48	-0,22			-0,47	-0,2		
7	129	1,99*	1,05*	0,37	1,59	2,60*	0,44*	0,01	4,06
		-0,46	-0,19			-0,47	-0,2		
8	128	2,11*	0,93*	0,33	1,54	2,98*	0,02	-0,01	4,11
		-0,44	-0,16			-0,52	-0,26		
12	124	2,50*	0,53*	0,18	1,34	3,28*	-0,25	0	2,63
		-0,37	-0,14			-0,56	-0,34		
16	120	2,75*	0,33*	0,09	1,16	3,53*	-0,42	0,03	2,51
		-0,3	-0,11			-0,35	-0,28		
20	116	2,86*	0,23	0,05	1	3,28*	-0,24	0	2,53
		-0,24	-0,14			-0,45	-0,45		

Fuente: paper de Arturo Estrella y Gikas A. Hardouvelis

Anexo B

Probabilidad de recesión cuatro trimestres adelante como función del spread

Spread	Belgium	Canada	France	Germany	Japan	Netherlands	UK	US
4.0%	0.10	0.02	0.06	0.00	0.19	0.21	0.05	0.00
3.0%	0.18	0.04	0.11	0.02	0.20	0.28	0.09	0.02
2.0%	0.29	0.09	0.17	0.07	0.22	0.36	0.14	0.08
1.0%	0.43	0.16	0.25	0.20	0.24	0.44	0.21	0.21
0.0%	0.57	0.25	0.34	0.41	0.25	0.53	0.30	0.41
-1.0%	0.71	0.37	0.45	0.66	0.27	0.62	0.40	0.64
-2.0%	0.82	0.51	0.56	0.85	0.29	0.70	0.51	0.83
-3.0%	0.90	0.64	0.66	0.95	0.31	0.77	0.62	0.94
-4.0%	0.95	0.76	0.76	0.99	0.33	0.83	0.72	0.98

Fuente: Bernard y Gerlach 1996

Anexo C

		Horizon of forecast (Quarters)			
		4	8	12	16
Australia	Estimate of β	.06	.43	.69	.68
	R ²	51	28	26	16
	R ² no spread	51	22	9	0
Canada	Estimate of β	.02	.40	.74	.96
	R ²	63	36	28	36
	R ² no spread	64	31	9	4
France	Estimate of β	.08	.45	.71	.40
	R ²	75	56	39	20
	R ² no spread	75	53	32	19
Germany	Estimate of β	-.11	-.08	-.04	.17
	R ²	53	19	-0	1
	R ² no spread	52	19	1	-1
Italy	Estimate of β	.73	1.26	1.22	1.20
	R ²	65	59	39	31
	R ² no spread	60	40	20	6
Japan	Estimate of β	.62	1.19	.88	.65
	R ²	53	31	22	13
	R ² no spread	50	21	17	10
Sweden	Estimate of β	.27	.72	.62	.77
	R ²	36	45	30	34
	R ² no spread	32	16	9	1
Switzerland	Estimate of β	-.11	.25	.35	.22
	R ²	41	8	8	24
	R ² no spread	41	6	2	21
United Kingdom	Estimate of β	.12	.59	1.19	1.26
	R ²	44	23	29	35
	R ² no spread	44	27	7	4
United States	Estimate of β	-.28	.05	.47	.42
	R ²	62	25	16	7
	R ² no spread	60	25	11	4

Note: Boldface entries are statistically significant compared with 5 percent critical values.

Fuente Kozicki (1997)