

# CAPÍTULO 1

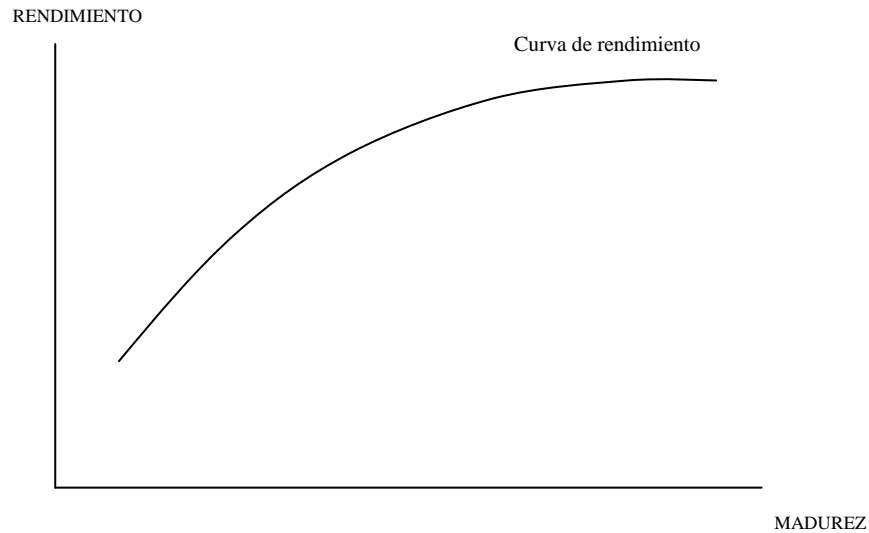
## MARCO TEÓRICO DE LA ETTI

### 1.1 La Estructura Temporal de las Tasas de Interés

La función que desempeñan las tasas de interés en la asignación de fondos en los mercados financieros es análoga al papel que juegan los precios en la asignación de recursos en los mercados de bienes y servicios, es decir, son señales que sirven a los agentes económicos en la toma de decisiones sobre consumo, inversión y financiamiento. Cuando existe un precio relativamente alto de un bien en particular se tiende a destinar recursos a su producción, de la misma manera, cuando existe una tasa de interés relativamente alta de algún instrumento en particular se destinan fondos a las actividades que financia éste.

La teoría económica sugiere que un importante factor que explica la discrepancia en las tasas de interés entre dos instrumentos financieros con características similares tales como riesgo, régimen fiscal, emisor y mercado, se debe a la diferencia entre las fechas de vencimiento de cada uno de éstos. Esta relación entre la madurez de los instrumentos y sus tasas de interés de mercado es conocida como Estructura Temporal de las Tasas de Interés (ETTI).

La ETTI, para un punto en el tiempo, puede ser representada utilizando un diagrama que relaciona el rendimiento de estos instrumentos con su fecha de vencimiento conocido como curva de rendimiento (Figura 1.1). Las curvas de rendimiento pueden presentar una amplia variedad de formas y movimientos, cada una de las cuales aporta una explicación en sentido económico y financiero. Los agentes económicos tratan de pronosticar dichos movimientos y formas con el fin de anticiparse al mercado buscando obtener los mayores beneficios.



**Figura 1.1** Curva de rendimiento

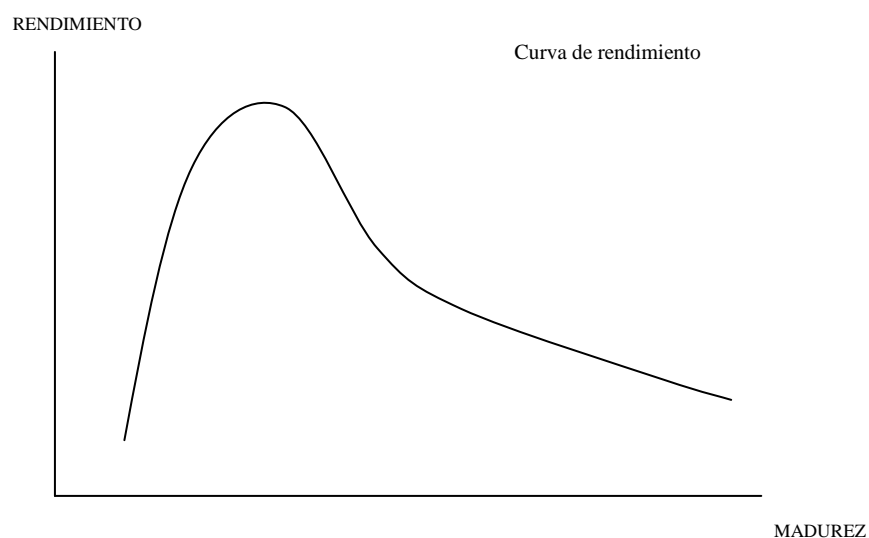
Las curvas de rendimiento generalmente muestran pendiente positiva, entre mayor el tiempo de madurez de un instrumento mayor se espera que sea su rendimiento. Esto se debe principalmente a que entre mayor es el tiempo de vencimiento de un instrumento mayores riesgos enfrenta el inversionista. En otras palabras, se incrementan las posibilidades de que ocurra algún evento catastrófico que impacte sobre la inversión, por lo que es necesaria una prima que compense el riesgo al que se encuentra expuesto el inversionista.

Por otra parte, la pendiente positiva de la ETTI puede también reflejar las expectativas de los inversionistas sobre el crecimiento de la economía en el futuro, o por el contrario, puede estar asociado con el riesgo de una mayor inflación. Esta expectativa de mayor inflación futura genera tanto perspectivas de que la política monetaria futura del banco central se contraerá con el fin de eliminar las presiones inflacionarias desembocando en un incremento en las tasas de interés -debido a la reducción de la oferta monetaria-, así como la exigencia de una prima asociada al riesgo por incertidumbre sobre la tasa de inflación y su efecto en el valor de los flujos de efectivo. Por esta razón, los inversionistas valorarán estos riesgos y los incorporarán en la curva

de rendimiento demandando mayores rendimientos para horizontes de inversión más lejanos.

De igual manera, puede darse el caso en el que las tasas de interés de corto plazo sean superiores a las de largo plazo lo cual implica una pendiente negativa de la ETTI. Esta situación anormal y contradictoria ocurre cuando los inversionistas esperan que los rendimientos en el futuro sean menores a los de ahora, esto debido a que visualizan una posible recesión económica futura o por el contrario, implica que el mercado cree que la inflación permanecerá baja.

Sin embargo, estas no son las únicas formas que puede tomar la curva de rendimiento. Por ejemplo, pueden existir curvas de rendimiento planas donde las diferencias entre las tasas de los diversos plazos al vencimiento de los instrumentos son pequeñas, lo cual manda señales de incertidumbre en la economía. Además, otro comportamiento que se ha observado en las curvas de rendimiento son las formas de joroba que aparecen cuando los rendimientos a corto y largo plazo son los mismos y los rendimientos de mediano plazo son los que varían (Figura 1.2).



**Figura 1.2** Curva de rendimiento con forma de joroba

Asimismo, pueden presentarse cambios en la tasas de los instrumentos que conforman la curva de rendimiento provocando desplazamientos de la misma. Por ejemplo, cuando existe un cambio en las tasas de igual magnitud en todos los instrumentos y plazos de la curva de rendimiento, ésta sufre un desplazamiento paralelo, en otras palabras, la forma de la curva no se altera aún a pesar de que las tasas de interés se hayan modificado. No obstante, pocas veces la curva de rendimiento presenta este tipo de movimiento, siendo más comunes los desplazamientos no paralelos causados por cambios irregulares en las tasas de interés.

Se puede pensar pues, que la Estructura Temporal de las Tasas de Interés muestra un menú de precios de consumo futuro e inversión a distintos plazos. Es evidente, que los agentes económicos que participan en los mercados financieros tienen el propósito de posponer sus decisiones de consumo presente por consumo futuro, recibiendo a cambio, una tasa de interés que compense su espera. Por otra parte, algunos agentes pueden demandar esos fondos con el fin de utilizarlos en el desarrollo de proyectos de inversión que les permitan pagar la tasa de interés que los ahorradores demandan, de tal manera que diferentes percepciones acerca de los rendimientos de los proyectos en el futuro deberán verse reflejados en distintas tasas de interés según los plazos de cada uno de éstos.

## **1.2 Teorías de la Estructura Temporal de Tasas de Interés**

Uno de los mayores retos que enfrenta el desarrollo de una teoría sobre la ETTI, sin duda alguna es tratar de explicar algunas regularidades empíricas o hechos estilizados que se presentan en el mercado: a) se ha observado que los bonos con distinta fecha de vencimiento ofrecen tasas de interés diferentes; b) la mayoría de las veces la curva de rendimiento presenta pendiente positiva; y c) cuando las tasas de

interés de corto plazo son relativamente altas, la curva de rendimiento es bastante plana o con pendiente negativa, en cambio, cuando las tasas de interés a corto plazo son relativamente bajas, la curva de rendimiento es más inclinada y positiva.

A partir de estos hechos han surgido diversas teorías que han tratado de modelar los comportamientos de la curva de rendimiento, así como se han propuesto la búsqueda de una explicación completa sobre la ETTI con el fin de tener herramientas válidas y precisas para la obtención de información monetaria y financiera.

No obstante estos esfuerzos por encontrar una teoría que se ajuste lo más posible a la realidad, hay que señalar que ninguna de estas teorías, por si misma, es lo completamente apta para explicar en su totalidad la forma de la ETTI. En cambio, mediante una combinación de éstas es posible explicar segmentos de la curva de rendimiento.

### **1.2.1 Teoría de las Expectativas de la ETTI**

La teoría de las expectativas de la ETTI, al parecer data de los trabajos de Irving Fisher (1896) quien considera que en una economía progresiva se asume que la tasa de interés cambia de periodo en periodo. Si suponemos que los agentes económicos tienen previsión perfecta e ignoramos los costos propios de los préstamos (tanto en términos de esfuerzo y dinero por concepto de intermediación), podemos pensar en la tasa de interés de largo plazo de un préstamo como el promedio de tasas de interés de corto plazo comprendidas en el mismo periodo de tiempo. De esta manera, si las tasas de interés de corto plazo futuras eran conocidas, sería posible calcular las de largo plazo el día de hoy; la determinación de las tasas de corto plazo para el futuro en efecto determinaría simultáneamente la ETTI prevaleciente en el presente periodo.

Esta primera aproximación sobre la ETTI fue retomada por Friedrich A. Lutz (1940) quien profundiza sobre este punto de vista, presentando de una manera más

formal lo que se conoce como la teoría pura de las expectativas. Lutz sugiere tres supuestos que permiten hallar una relación entre las tasas de corto y largo plazo: 1) todos los participantes del mercado conocen perfectamente cuales serán las tasas de corto plazo futuras; 2) no existen costos relacionados con la inversión; y 3) existe completa movilidad tanto para inversionistas como para los prestatarios<sup>1</sup>.

Si estos supuestos se cumplen se pueden formular proposiciones acerca de la relación que mantienen las tasas de corto y largo plazo: a) podemos concebir la tasa de largo plazo como el promedio de las tasas de corto plazo futuras; b) la tasa de largo plazo no puede fluctuar más que la tasa de corto plazo, esto se debe a que los cambios futuros de la tasa de corto plazo se encuentran ya reflejados en la tasa de largo plazo presente, además de que el lapso de tiempo en el cual estos cambios en la tasa de corto plazo se materializan afectan en menor proporción la tasa de largo plazo debido a que se va desvaneciendo el cambio de una tasa de corto plazo a otra; c) es posible que la tasa de largo plazo pueda moverse temporalmente en sentido opuesto a la de corto plazo<sup>2</sup>; d) el rendimiento actual de un bono de largo plazo al final de su madurez estará por encima de la tasa de corto plazo, siempre que el promedio de las tasas de corto plazo aumente hacia la fecha de vencimiento del bono y se encuentre por encima de la actual tasa de corto plazo (y viceversa); y e) el rendimiento en todas las inversiones posibles de periodos iguales será el mismo, no importando la forma en las cuales se encuentren éstas.

En este sentido, en el futuro próximo todos los activos financieros de la misma calidad crediticia deberían ofrecer la misma rentabilidad sin importar sus fechas de

---

<sup>1</sup> El inversionista que desea invertir por un periodo de 10 años, podrá invertir en un bono con vencimiento a 10 años ó, por el contrario, es capaz de adquirir un contrato con duración de un año y al final de este plazo adquirir otro durante 10 años. De la misma manera, el inversionista podría tener un horizonte de inversión de un año, con lo cual podría adquirir un bono con duración de un año, ó en su caso, un bono con cualquier otra madurez y venderlo después del primer año. Lo mismo aplica para los prestatarios.

<sup>2</sup> La tasa de largo plazo podría incrementarse a pesar de una caída en la tasa de corto plazo, esto si la tasa de corto plazo anterior estuviera por debajo del promedio de las tasas de corto plazo subsecuentes, y viceversa.

vencimiento, debido a que los inversionistas, buscando oportunidades para hacer ganancias, eliminan los diferenciales de rentabilidad entre éstos.

Si, por ejemplo, los agentes tienen expectativas de mayores tasas de interés futuras, se concentrarán en adquirir instrumentos de corto plazo, con los cuales podrán reinvertir sus recursos a tasas de interés mayores, mientras que los prestamistas contratarán préstamos a largo plazo para asegurar una menor tasa de interés. Como producto de esta interacción, se generará un exceso de demanda por fondos de largo plazo y un exceso de oferta de fondos de corto plazo. Estos desequilibrios serán corregidos mediante cambios en la tasa de interés: una caída de la tasa de corto plazo, acompañado de un incremento en la tasa de largo plazo, de esta manera, se generará una inclinación de la curva de rendimiento. La forma de la curva de rendimiento se debe exclusivamente a las expectativas de los agentes que participan en el mercado sobre las tasas de interés.

La teoría de las expectativas implica que los mercados financieros son altamente eficientes. Se considera que un mercado es eficiente cuando el precio de un activo refleja toda la información disponible la cual influye en la valuación del instrumento. Si existe la posibilidad de realizar ganancias, un número suficiente de participantes del mercado reconocerían estas oportunidades y las explotarían. Al buscar obtener estas ganancias, el precio de los instrumentos cambiaría, reflejando la nueva información disponible. La teoría de las expectativas sugiere que toda la información relevante se encuentra integrada en las expectativas sobre las futuras tasas de interés.

Existen numerosos trabajos empíricos que buscan dar validez a la teoría de las expectativas de la ETTI. Uno de los principales estudios fue realizado por David Meiselman, quien a través de un modelo de error-aprendizaje encuentra evidencia consistente con la teoría de las expectativas. Sin embargo, muchos estudios muestran

resultados contradictorios a lo que predice la teoría de las expectativas. John Y. Campbell y Robert J. Shiller (1984) encuentran que cuando la estructura temporal tienen una pendiente positiva excesiva, las tasas de largo plazo tienden subsecuentemente a caer, mientras que las de corto plazo se incrementan, de tal manera que no existen consistencia con la teoría de las expectativas ya que ésta sugiere que ambas deberían incrementarse.

Por otra parte, se hallan en la literatura algunos estudios -Fama & Bliss (1987) y Jorion & Mishkin (1991)- donde la evidencia apunta que las tasas de corto plazo de la ETTI son poco útiles para pronosticar las tasas futuras spot; sin embargo, a medida que se incrementa el horizonte de pronóstico la estructura temporal mejora su desempeño en predecir las tasas de interés futuras.

Los supuestos sobre los cuales se edifica la teoría de las expectativas son muy restrictivos: perfecta previsión, neutralidad al riesgo, indiferencia en la liquidez de los activos financieros, costos de transacción nulos y expectativas óptimas e insesgadas. Por tal motivo, dicha teoría ha sufrido diversas críticas, ya que los hechos empíricos han demostrado que estos supuestos no se cumplen en la realidad, surgiendo nuevas teorías que tratan de corregir los defectos de ésta.

### **1.2.2 Teoría de la Preferencia por Liquidez**

La teoría tradicional de las expectativas puede ser extendida relajando el supuesto de perfecta previsión y remplazándolo por el supuesto de que los participantes del mercado forman sus expectativas bajo incertidumbre sobre las tasas spot futuras. La teoría de la preferencia por la liquidez fue desarrollada por Hicks (1946), que aunque también concuerda con la importancia de las tasas spot de interés esperadas futuras, pone énfasis en los efectos de las actitudes frente al riesgo de los participantes en los mercados.



La teoría de la preferencia por la liquidez afirma que la aversión al riesgo hará que las curvas forward se encuentren sistemáticamente por encima de las tasas spot esperadas en promedio, incluso esta diferencia debería incrementarse con la madurez. Este argumento se basa en el supuesto de que la mayoría de los préstamos son utilizados en proyectos de largo plazo por lo que los prestatarios buscarán opciones de financiamiento de la misma duración, para cubrir el riesgo contra posibles fluctuaciones en las tasas de interés.

Por otra parte, siguiendo la teoría propuesta por Hicks, los prestamistas prefieren la liquidez y el menor riesgo posible asociado con fluctuaciones en el valor de su portafolio, con lo cual optarán por mantener instrumentos de corto plazo.

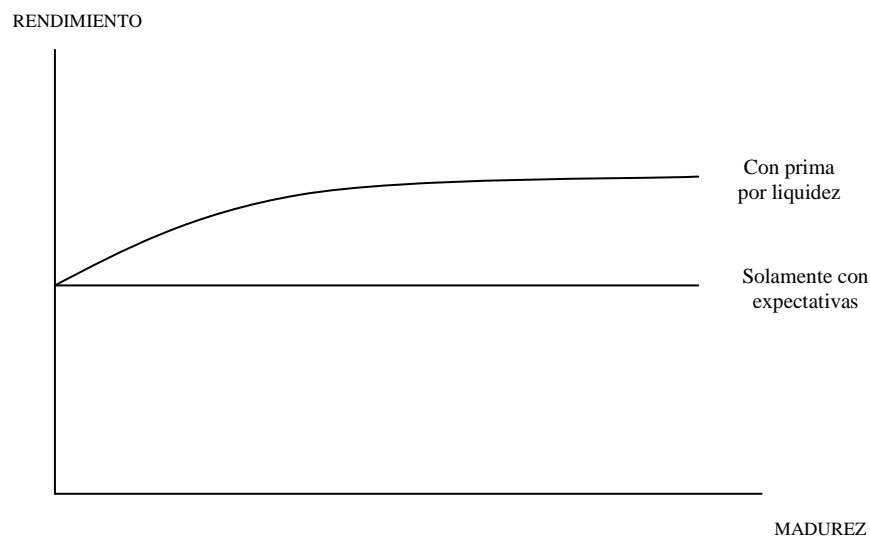
Estas discrepancias en las preferencias por instrumentos con distinto plazo de vencimiento provocan que existan diferencias entre los individuos que prestan y los que piden prestado. Para poder solucionar esta situación, se requiere de un incremento o prima para inducir al inversionista a mantener instrumentos de largo plazo “más riesgosos”.

En palabras de Hicks existe una debilidad en el mercado forward de préstamos, la cual ofrece una oportunidad para la especulación. Si no se ofrecen “ingresos extras” por préstamos de largo plazo, los inversionistas preferirán los de corto plazo generando un exceso de demanda por fondos de largo plazo. Los prestatarios, por tanto, tendrán que ofrecer mejores términos para atraer los recursos de los inversionistas para entrar en el mercado forward. De esta manera, los inversionistas juegan el mismo papel que un especulador ya que sólo entrarán en estos mercados si la ganancia esperada es suficiente para compensar el riesgo al que están expuestos.

Bajo esta teoría, las tasas forward serán estimaciones sesgadas de las tasas de interés futuras, excediéndolas en un monto igual al premio por riesgo o madurez. La

presencia de premios a la madurez implica un sesgo hacia curvas de rendimientos con pendiente positiva. De hecho, la curva de rendimiento podría presentar pendiente negativa sólo cuando las tasas de corto plazo futuras esperadas estuvieran por debajo de la tasa de corto plazo actual incluyendo el premio respectivo a la madurez.

Para ilustrar el efecto que ejerce la prima por liquidez sobre la ETTI supongamos que los participantes del mercado esperan que las tasas de corto plazo futuras sean las mismas que la tasa actual. En este sentido, las expectativas por sí solas implicarían una curva de rendimiento horizontal, sin embargo, debido a la presencia de la primas contempladas en las tasas forward, la curva de rendimiento presentaría pendiente positiva (Figura 1.3).



**Figura 1.3** Efecto prima por liquidez

Si existe un sesgo positivo en las tasas forward, una de las proposiciones más importantes de la teoría de las expectativas no se cumple: el rendimiento en todas las inversiones posibles de periodos iguales no será el mismo. Las inversiones en instrumentos de largo plazo proveerán un retorno esperado mayor que las reinversiones a corto plazo en cada madurez.

### **1.2.3 Teoría de la segmentación de mercado**

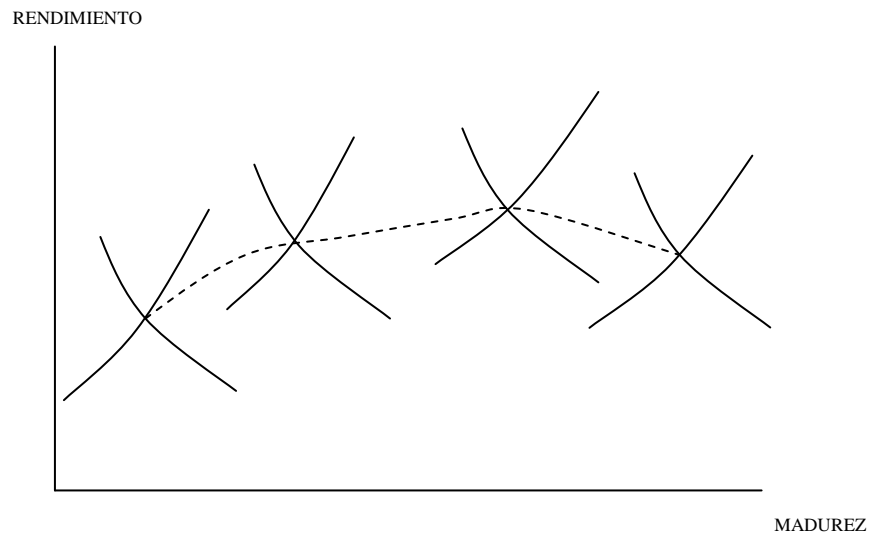
Tanto la teoría de las expectativas como la teoría de la preferencia por la liquidez fueron vistas por los participantes del mercado como meros artificios académicos, que no lograban dar una explicación satisfactoria sobre la ETTI. Culbertson (1957) formuló una tercera teoría de la estructura temporal sugiriendo que el comportamiento de inversionistas y prestatarios en mercados segmentados determinaban la forma de la curva de rendimiento. La idea básica de Culbertson era que los mercados financieros, por el proceso de oferta y demanda, determinaban los rendimientos del mercado.

Debido a restricciones de tipo legal y estratégicas, los participantes del mercado muestran fuertes preferencias por instrumentos financieros con distintas madurez, siendo éstos transados en mercados separados y diferentes. La mayoría de los bancos comerciales se inclinan por instrumentos de corto y mediano plazo debido a la naturaleza de sus obligaciones y el énfasis en la liquidez. En cambio, las compañías de seguros y otros inversionistas institucionales contraen obligaciones de largo plazo, por tanto prefieren vencimientos más largos. Por otra parte, los prestatarios relacionan la madurez de su deuda con la necesidad de fondos.

La teoría de la segmentación de mercado implica que la tasa de interés para una madurez en particular es determinada solamente por las condiciones de la demanda y oferta para esa madurez, no importando las condiciones para otros instrumentos con distintos vencimientos. De esta manera, los participantes del mercado tienen preferencias rígidas sobre cierta madurez no interesándoles que tan atractivos puedan ser los rendimientos en otros mercados de distinto plazo.

De acuerdo con la teoría de Culbertson, el mercado de préstamos se encontrará enteramente segmentado de acuerdo a la madurez de los valores. Por tanto, para cada

madurez existirá un mercado, donde la oferta y demanda de éste, determinarán la tasa de interés. A manera de ejemplo, si existieran cuatro mercados segmentados, la ETTI podría observarse como lo muestra la figura 1.4.



**Figura 1.4** Curva de rendimiento con segmentación de mercado

Conforme a la teoría de la segmentación de mercados, la demanda y oferta por instrumentos de una determinada madurez supuestamente son poco afectadas por los precios de instrumentos cercanos a dicha madurez, de igual manera, el arbitraje a través de los diferentes vencimientos es limitado. En este sentido, no hay razón para que los premios sean positivos o una función creciente de la madurez, como afirma la teoría de la preferencia por la liquidez. Esta teoría ha sido seriamente cuestionada dado que la implementación empírica es difícil de llevar a cabo, además debe existir un límite de que tan lejos uno puede ir manteniendo instrumentos de madurez cercana sin que sean sustitutos cercanos<sup>3</sup>.

#### 1.2.4 Teoría del Hábitat Preferido

---

<sup>3</sup> La posibilidad de sustitución de instrumentos de madurez cercana es discutida por Cox, Ingersoll y Ross (1985).

Modigliani y Sutch (1966) utilizan algunos argumentos similares de la teoría de la segmentación del mercado, reconociendo sus limitaciones y combinando aspectos de las otras teorías, generando una versión más moderada de ésta. Al igual que la teoría de Culberston, se reconoce la existencia de grupos heterogéneos de prestatarios y prestamistas los cuales muestran preferencia por instrumentos de diferentes vencimientos.

Cada participante del mercado tiene su hábitat preferido de madurez, es decir, cada inversionista y prestatario participará en el mercado de préstamos que más se adecuó a sus preferencias, restricciones legales, horizonte de inversiones y necesidades de financiamiento. Dentro de cada hábitat o segmento de mercado, los rendimientos se determinan de la misma manera que en la teoría anterior, por la oferta y demanda.

Mientras que cada uno de los participantes se halla en su hábitat, éstos pueden ser inducidos a abandonar este mercado si existen mejores rendimientos en otros; en otras palabras, tanto inversionistas como prestatarios operan en el ambiente preferido de madurez pero tenderán a moverse de él si se presenta un diferencial en las tasas lo suficientemente atractivo.

Cuando los rendimientos en los demás mercados no son significativamente atractivos, de tal manera que los participantes de ambos lados del mercado no están dispuestos a mudarse de hábitat, permanecerán en el preferido por éstos, con lo cual el mercado de préstamos se encontrará parcialmente segmentado.

Este punto de vista de Modigliani y Sutch contradice la teoría de la segmentación del mercado, ya que las preferencias sobre ciertos instrumentos no son tan rígidas, importando las condiciones de otros mercados y los rendimientos que ofrecen. Es aquí cuando las expectativas y los premios entran en juego para definir la forma de la curva de rendimiento.

Además, los autores de esta teoría argumentan que los premios por madurez podrían ser positivos o negativos, sin que esto signifique la existencia de algún patrón sistemático de la madurez. Melino (1986) menciona que aunque Modigliani y Sutch argumentan que el patrón del premio a la madurez dependería de los cambios en la riqueza, de las preferencias de los inversionistas y de la distribución de los instrumentos ofrecidos, son incapaces de encontrar evidencia empírica que estos factores generen variaciones notables en el patrón de los premios.

### **1.3 Aplicaciones de la ETTI**

La ETTI es una importante herramienta en materia económica y financiera, ya que es capaz de proporcionar información de las condiciones macroeconómicas futuras de un país. Dentro de la información que transmite la ETTI encontramos expectativas sobre tasas de interés futuras, actividad económica, inflación y efectividad de la política monetaria.

Asimismo, el conocimiento de la ETTI contribuye en la evaluación de proyectos de inversión, valuación de activos e instrumentos financieros como productos derivados que impliquen la utilización de tasas de interés tales como contratos forwards, futuros o swaps.

#### **1.3.1 Expectativas sobre la Actividad Económica de un país.**

Como se ha mencionado, la estructura temporal de las tasas de interés no solamente es de utilidad para los inversionistas que buscan la mejor opción para invertir sus recursos ni para aquellos que buscan financiamiento. Se ha argumentado que detrás de la ETTI es posible predecir cual será el comportamiento de la actividad económica de un país.

Uno de los primeros estudios que tratan de encontrar una relación entre las tasas de interés y la actividad económica futura es Mankiw (1982), quien argumentó que las tasas de interés o los diferenciales de tasas de interés son de utilidad para predecir el consumo futuro mejorando la idea de Hall (1978), quien había utilizado el nivel de precios de acciones bursátiles, pero lamentablemente los datos no apoyaron su hipótesis.

Por otro lado, Hamilton y Kim (2002) discuten sobre la relación positiva que existe entre los diferenciales de tasas y la actividad económica futura mencionando que puede deberse tanto por un efecto de expectativas (el diferencial como señal de las tasas de interés futuras esperadas), como por un efecto de estructura de premios (cambios en los premios al riesgo en el tiempo). El efecto de expectativas descrito por estos autores sugiere que una contracción monetaria aumenta la tasa de interés de corto plazo con lo que disminuye el diferencial de tasas, de la misma manera que reduce el gasto en sectores de la economía que son sensibles a las tasas de interés provocando desaceleración económica; por el contrario, una expansión monetaria tenderá a reducir la tasa de interés de corto plazo aumentando el diferencial de tasas incrementando el gasto en sectores de la economía lo cual conlleva a una aceleración de la actividad económica. Por otra parte, el efecto de estructura de premios apunta a que cambios en los premios al riesgo afectan las decisiones de inversión perturbando el crecimiento económico.

Otro estudio empírico desarrollado por Estrella y Hardouvelis (1991), encuentra una relación positiva entre la estructura de tasas y la actividad económica. Utilizando datos de Estados Unidos demuestran que aún controlando por la postura actual de la política monetaria la relación persiste. Además, tratan de estimar la probabilidad de una recesión económica con la información de la ETTI, concluyendo que la estructura de

tasas de cuatro trimestres atrás predice relativamente bien las recesiones en aquel país. Asimismo, prueban que la ETTI explica mejor la actividad económica futura que otros indicadores alternativos.

De igual forma, Estrella y Mishkin (1995) obtienen conclusiones similares referentes a la información contenida en la ETTI sobre la actividad económica futura en Alemania, Francia, Inglaterra e Italia.

Como se ha visto, la utilidad de los diferenciales entre las tasas de interés de largo y corto plazo para predecir la actividad económica futura se ha concentrado en estudios realizados en Estados Unidos y otros países industrializados. En contraste, aún son pocos las investigaciones que se han hecho de países emergentes, esto debido principalmente al relativamente reciente desarrollo de mercados financieros y de capital en estas economías. Camero y Castellanos (2003), mencionan que la poca evidencia disponible sobre economías emergentes es mixta con respecto a cuáles son las tasas de interés más adecuadas, en otras palabras, el problema radica en si se deben de usar tasas de mayor o menor plazo, tasas reales o nominales, o variables cualitativas en lugar de variables cuantitativas.

Algunos estudios realizados con datos de economías emergentes son los realizados por Fernández (2000), en el caso de Chile, y por Camero y Castellanos (2003) para México. Fernández encuentra que el diferencial de tasas tiene cierto poder para predecir las fluctuaciones del Indicador Mensual de Actividad Económica del Banco Central de Chile, sin embargo, esta relación es estable sólo cuando se considera un horizonte de 12 meses. Por otra parte, también halla que el nivel de la tasa de interés real de corto plazo, la cual se asocia con la postura actual de política monetaria, es la que explica un mayor porcentaje de los cambios en este indicador en vez de los diferenciales de tasas nominales y reales.



El estudio llevado a cabo por Camero y Castellanos, encuentra que los diferenciales de tasas de interés proporcionan buenos resultados para predecir la actividad económica –medida por el Índice de Actividad Industrial- hasta por 18 meses adelante. Asimismo, concluyen que los resultados para México son similares a los encontrados en algunos países industrializados donde los instrumentos financieros reflejan un mayor contenido de información.

### **1.3.2 Efectividad Política Monetaria**

Todos los estudios referentes al papel de la estructura de tasas y su utilización para predecir la actividad económica futura aquí presentados, consideran de alguna manera el papel de la política monetaria en la determinación de las tasas de interés. Es claro que, al menos en las tasas de corto plazo, el banco central puede afectar la estructura de tasas de interés cuando interviene en los mercados financieros.

Si el banco central quiere modificar la cantidad de dinero indirectamente tiene que ser capaz de influir sobre su demanda. Una de las maneras en las cuales puede lograrlo es a través de las tasas de interés. Es necesario entender el proceso de transmisión de política monetaria para su instrumentación apropiada.

De acuerdo a Schwartz (1998), los principales instrumentos que han sido utilizados por los bancos centrales para el manejo de la liquidez son: los requerimientos de reserva (donde se incluyen el encaje legal y el encaje promedio cero o “corto”), las operaciones de mercado abierto, las operaciones de swap con moneda extranjera, las ventanillas para el manejo de la liquidez y, en algunos casos, la transferencia de depósitos del gobierno entre el banco central y las instituciones de crédito.

Uno de los canales por el cual el banco central actúa para influir sobre la demanda de dinero modificando la tasa de interés, es a través de acciones discrecionales

mediante la variación en el objetivo de saldos promedios de las cuentas corrientes de las instituciones de crédito con éste, también conocido a este mecanismo como “corto”.

El objetivo de saldos promedios está diseñado para inducir a las instituciones de crédito a no mantener en promedio saldos positivos, ni incurrir en sobregiros en sus cuentas, así como para que procuren compensar con otros bancos sus sobrantes y faltantes de recursos a tasas de interés de mercado. La ETTI nos da información sobre la efectividad de ésta y otras políticas monetarias que llevan a cabo los bancos centrales.

Existen trabajos que han utilizado la estructura temporal de tasas de interés como herramienta de estudio con el fin de analizar la efectividad de la intervención del banco central en la modificación de la demanda de dinero. Dentro de estos trabajos destacan el realizado por Castellanos (2000) y el de Díaz de León y Greenham (2000).

Para poder medir el impacto de la política monetaria sobre la estructura de tasas de interés, Castellanos propone, en primer lugar, estudiar el comportamiento de la tasa de interés de fondeo. Menciona la existencia de una relación inversa entre las tasas de fondeo y el objetivo de saldos acumulados, además de una relación directa entre esta tasa y el tipo de cambio. Mediante un modelo lineal de determinación de la tasa de interés estimable por el método de mínimos cuadrados ordinarios, utilizando como variables explicativas el saldo acumulado objetivo, el logaritmo del tipo de cambio, la tasa de interés del bono del tesoro a 30 años de Estados Unidos, el logaritmo del índice de la bolsa de valores de Rusia y de Brasil (estas variables se consideran por los efectos de contagio sobre la economía mexicana) y el spread de tasas soberano del bono Brady de México. Todos estos datos utilizando las primeras diferencias debido a la no estacionariedad en niveles. Los resultados de esta regresión coinciden con estudios anteriores: la tasa de fondeo sube en respuesta a una reducción en el saldo objetivo.

Sin embargo un análisis más meticuloso de estos resultados revela algunos problemas con los estimadores MCO. Para poder corregir de cierta forma la inestabilidad de los coeficientes obtenidos con la regresión de MCO, Castellanos realiza una regresión rodante con las mismas variables, donde se permite a los coeficientes variar a través del tiempo. Los resultados derivados de este mecanismo son más confiables, el efecto del “corto” que se obtiene es en promedio menor que el anterior pero estable.

Además, se analizan las tasas de interés primarias de los CETES a 28, 91, 182 y 364 días, mediante un modelo de corrección de error tomando como tasa de interés de corto plazo la tasa de fondeo. Los resultados que obtiene de estas estimaciones van de acuerdo a la teoría económica: la hipótesis de que el diferencial de tasas es estacionario, de manera que no persisten oportunidades de arbitraje a largo plazo, no es rechazada por los datos. Se observa también que el coeficiente del término de corrección de error en la ecuación de los CETES se reduce en valor absoluto conforme se extiende el plazo de 28 a 364 días, esto significa que la velocidad de ajuste ante choques exógenos es mayor en las tasas de más corto plazo.

Por su parte, Díaz de León y Greenham analizan el impacto de cambios en el “corto” sobre la ETTI, descontando y sin descontar el efecto “reacción”<sup>4</sup> sobre dichas tasas, a través de la técnica de vectores autorregresivos. En este estudio, encuentran los autores que el efecto de una restricción monetaria es mayor sobre las tasas de interés de menor plazo disminuyendo con el paso del tiempo.

### **1.3.3 Expectativas de Inflación**

A partir de la ETTI es posible detectar cuales son las expectativas que se tienen sobre la inflación futura. Las tasas nominales se componen de las tasas de interés real

---

<sup>4</sup> Para una explicación sobre el efecto “reacción” véase Díaz de León y Greenham (2000).

más una prima que representa el pronóstico del mercado por concepto de inflación. Los participantes del mercado pueden prever cambios en la inflación futura los cuales se reflejan en la pendiente de la ETTI.

Uno de los primeros estudios que abordó el tema de las expectativas de inflación contenidas en la ETTI fue Mishkin (1990a, 1990b), quien parte de la ecuación de Fisher para realizar su estudio considerando que las expectativas de los agentes son racionales. Además, supone que la pendiente de la estructura de las tasas de interés real es constante en el tiempo, y por tanto, la forma de la curva de rendimiento se determina por las expectativas de inflación. Por tanto, existe una relación positiva entre la ETTI nominal y la inflación futura.

Para un estudio realizado en Estados Unidos, Mishkin encuentra que el spread de tasas de interés de los títulos con vencimiento igual o inferior a 6 meses no provee información sobre la inflación futura, en cambio, el spread de los títulos con vencimiento igual o superior a 9 meses sí contiene información relevante acerca de las expectativas de inflación. Con lo cual concluye que para el caso de Estados Unidos la curva de rendimiento de largo plazo es un indicador importante de las expectativas sobre presiones inflacionarias futuras –cuando la pendiente se vuelve más positiva se esperan presiones inflacionarias y viceversa-.

Por el contrario, Mishkin (1991) encuentra resultados que aportan poca evidencia a favor de la relación de la ETTI y las expectativas de inflación, esto cuando replica el estudio ampliando la muestra a 10 países. Únicamente Estados Unidos, Francia y Gran Bretaña concuerdan sus resultados con los primeros estudios.

En el caso de México, Castellanos y Camero (2002) siguiendo la metodología propuesta por Mishkin, encuentran que la pendiente de la curva de rendimientos tiene cierta capacidad para pronosticar la inflación futura a partir de 1996. No obstante, la

capacidad de pronóstico es limitada y significativamente menor, comparada con la utilización de un modelo ARIMA.

#### **1.4 Modelos para obtener la ETTI**

¿Cómo se puede obtener la ETTI? La curva de rendimiento podría construirse directamente a partir de los precios de operaciones forward sobre la tasa de interés, sin embargo, este tipo de transacciones no es frecuente y tampoco existe un registro sistemático de las mismas que pueda utilizarse para fines estadísticos.

Por esta razón, se utilizan procedimientos indirectos para construir esta curva, estimando la estructura de tasas forward a partir de los precios de bonos cupón cero. La curva forward se relaciona con la curva de rendimiento, ambas contienen la misma información; la curva de rendimiento puede ser interpretada como el promedio esperado de las tasas futuras, mientras que la curva forward se interpreta como indicador del sendero en el tiempo esperado que siguen las tasas futuras.

##### **1.4.1 Modelos de Splines**

Los primeros esfuerzos por lograr ajustar curvas que relacionan el rendimiento con la madurez de instrumentos financieros datan de los esfuerzos de David Durand en 1942, cuyo método consistía en dibujar una curva sobre un diagrama de dispersión de manera que para él resultara razonable.

Mc Culloch (1971) propone una función de descuento para obtener la estructura temporal de tasas de interés a través de un spline polinomial con el fin de ser comparado con las curvas de rendimiento obtenidos por Durand.

$$\delta(m) = 1 + \sum_{j=1}^k a_j \cdot f_j(m) \quad (1.1)$$

La función de descuento  $\delta(m)$  es una combinación lineal de  $k$  funciones diferenciables de madurez  $m$ ,  $f_j(m)$ . El parámetro  $k$  establece el número de nodos que

definen los  $k-1$  intervalos y  $a_j$  son los parámetros de la función por estimar mediante MCO.

Para mejorar la flexibilidad, Mc Culloch (1975) propone que  $\delta(m)$  siga un splines cúbicos. El método propuesto por Mc Culloch consiste en dividir el rango del tiempo de la madurez en intervalos. Una vez que se obtienen estos intervalos, se busca ajustar la función de descuento mediante polinomios de tercer grado. Los parámetros obtenidos toman diferentes valores para cada uno de los intervalos en los que ha sido dividido el rango de maduración.

Se ha observado que la función de rendimiento presenta una curva hacia el final del rango de madurez de la muestra provocando que el modelo no pueda ser utilizado para predecir rendimientos fuera de la madurez de la muestra. Del mismo modo, varios autores han utilizado regresiones polinomiales que incluyen algún término lineal, lo cual provoca problemas para tasas de largo plazo.

Algunos trabajos posteriores retomaron la idea de Mc Culloch, tal es el realizado por Vasicek y Fong (1982) quienes buscaron ajustar la curva de descuento mediante el uso de splines exponenciales. De esta manera, utilizando una transformación negativa de la madurez en vez de la misma madurez, con lo cual se asegura que las tasas forward y los rendimientos de bono cupón cero convergen a un límite fijo cuando se incrementa la madurez.

A pesar de que el modelo propuesto por Vasicek y Fong mejoraba el ajuste de las curvas de rendimiento donde los vencimientos a largo plazo son planos, presenta un problema. La estimación de este modelo requiere procesos iterativos de optimización no lineal, por lo que puede a veces es difícil poder limitar los valores de las tasas forward implícitas con el fin de que sean positivas.

#### **1.4.2 Modelos Paramétricos**

En la literatura existe una clase de modelos que han demostrado tener un gran poder de ajuste y predicción sobre la curva de rendimiento. El trabajo de Charles Nelson y Andrew Siegel desarrollado en 1987 ofrece un modelo simple que es capaz de representar la curva de rendimientos con un alto nivel de precisión. Éste presenta numerosas e importantes ventajas sobre otros como son: mínima discrecionalidad en su estimación, buen ajuste, reducida fluctuación, parsimonia, bajos requerimientos de información además de que estima tasas de corto y largo plazo incluso fuera de la muestra con gran precisión.

Nelson y Siegel (1987), siguiendo la teoría de las expectativas de la ETTI –la cual se ya se definió- proponen un modelo a partir de la solución de una ecuación diferencial de segundo orden.

$$R(m) = \beta_0 + (\beta_1 + \beta_2) \left( \frac{1 - e^{-m/\tau}}{m/\tau} \right) - \beta_2 e^{-m/\tau} \quad (1.2)$$

Para incrementar la flexibilidad y mejorar el ajuste, Svensson (1994) extiende el modelo de Nelson y Siegel agregando un cuarto término con dos parámetros adicionales.

$$R(m) = \beta_0 + \beta_1 \left( \frac{1 - e^{-m/\tau_1}}{m/\tau_1} \right) + \beta_2 \left( \frac{1 - e^{-m/\tau_1}}{m/\tau_1} - e^{-m/\tau_1} \right) + \beta_3 \left( \frac{1 - e^{-m/\tau_2}}{m/\tau_2} - e^{-m/\tau_2} \right) \quad (1.3)$$

Para poder utilizar estos modelos se requieren datos sobre la madurez y el rendimiento de los instrumentos de tasa fija que se intercambian dentro del mercado. De preferencia, se opta por utilizar aquellos instrumentos considerados cupón cero, aunque existen métodos matemáticos que echan mano de la información contenida en los instrumentos que paga distintos cupones a lo largo de su madurez. Estos modelos, han demostrado un buen desempeño para la valuación de instrumentos de renta fija.

### 1.4.3 Modelos dinámicos

De acuerdo con Hull (2000) esta clase de modelos, aunque toman en consideración la evolución en el tiempo de las tasas de interés, su objetivo no es el determinar la ETTI, mas bien se utilizan para valorar instrumentos derivados que tienen como subyacente la tasa de interés. Dentro de esta clase de modelos podemos encontrar los denominados de un factor, de dos factores y los multifactores.

Los modelos de un solo factor consideran como única variable que define la ETTI la tasa de interés instantánea, siendo ésta la única fuente de incertidumbre. Estos modelos también son considerados como modelos endógenos de estructura temporal, ya que la ETTI para un momento dado es un “output” del modelo en vez de ser un “input”, al contrario de los modelos anteriores.

Esta clase de modelos contienen procesos de reversión a la media de la tasa de corto plazo. Esto implica que aún cuando las tasas se encuentren en niveles altos o bajos con respecto a un nivel promedio de largo plazo tenderán a revertir su comportamiento hacia dicho nivel promedio. La forma de la ETTI está determinada por un parámetro que mide la velocidad en la cual se lleva a cabo dicha reversión a la tasa promedio.

Algunos modelos relevantes de un solo factor son: modelo de Vasicek (1977), el modelo de Dothan (1978), el modelo de Cox, Ingersoll y Ross (1985), el modelo de Hull y White (1990), el modelo de Black y Karasinski (1991) y el modelo de Mercurio y Moraleda (2000)<sup>5</sup>.

Sin embargo, estos modelos presentan una desventaja: únicamente consideran movimientos paralelos de la ETTI, es decir, si existe una alteración de la tasa de interés de corto plazo en el tiempo  $t$ , se transmite igualmente a lo largo de todos los vencimientos de tal manera que la curva de rendimiento se desplaza paralelamente. Esto

---

<sup>5</sup> Para una mejor descripción acerca de las características y funcionamiento de estos y otros modelos consultar a Brigo y Mercurio (2001).



implica que existe una perfecta correlación entre los rendimientos de los instrumentos a sus distintos vencimientos.

Debido a los problemas de perfecta correlación que enfrentan los modelos de un solo factor, surgen modelos que toman en consideración dos factores para definir la ETTI. Brennan y Schwartz (1979) mencionan que los dos factores que deben tomarse en cuenta son la evolución de la tasa de interés de corto y la de largo plazo. Por el contrario, Logstaff y Schwartz (1992) apuntan como variables la tasa de interés de corto plazo y su volatilidad (Brigo y Mercurio, 2001).

Además de estos modelos, se encuentran los multifactores como el de Heath, Jarrow y Morton (1992) quienes retomaron los trabajos de Ho y Lee<sup>6</sup> para desarrollar un marco general para modelar la dinámica de la tasa de interés. En este modelo, la dinámica de las tasas forward está enteramente determinada por la estructura de su volatilidad (en Van Horne, 1994).

---

<sup>6</sup> Ho y Lee (1986) modelaron la evolución de la curva de rendimiento mediante la elaboración de un árbol binomial.