



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
SISTEMAS – OPTIMIZACIÓN FINANCIERA

LA CURVA DE RENDIMIENTO Y SU RELACIÓN CON LA ACTIVIDAD ECONÓMICA:
EVIDENCIA PARA MÉXICO EN EL CASO DE LA CRISIS *SUBPRIME* (2008-2010)

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
RICARDO TREJO NAVA

TUTOR
DR. GUILLERMO SIERRA JUÁREZ
POSGRADO DE INGENIERÍA

MÉXICO, D. F. MAYO 2013

JURADO ASIGNADO:

Presidente: DR. SUÁREZ ROCHA JAVIER
Secretario: DR. SÁNCHEZ LARA BENITO
Vocal: DR. SIERRA JUÁREZ GUILLERMO
1^{er.} Suplente: DR. ORTIZ CALISTO EDGAR
2^{d o.} Suplente: DR. MEZA PUESTO JESÚS HUGO

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: MÉXICO, D. F.

TUTOR DE TESIS:

DR. GUILLERMO SIERRA JUÁREZ

FIRMA

Graciela, compañera de una y mil batallas.

AGRDECIONES.

Agradezco a mi familia por su enorme apoyo.

Mi *alma mater*, la Universidad Nacional Autónoma de México, siempre presente en el conocimiento y sabiduría.

A mis profesores, sinodales y tutor de tesis por su disposición y confianza.

Mi país, México, tierra de oportunidades en primera y segunda vuelta.

Índice General

Introducción

Resumen

Introducción

Capítulo I. Teoría de tasas de interés y su estructura temporal12

1.1. Teorías de las tasas de interés y su equilibrio.....14

1.2. Estructura temporal de tasas de interés15

1.3. Supuestos económicos de la predicción de tasas de interés y la actividad económica...23

1.4. Estudios empíricos.....27

Capítulo II. Revisión a la teoría econométrica.....40

2.1. Definición de econometría.....40

2.2. Modelo de regresión lineal múltiple.....42

2.3. Estimador de Mínimos Cuadrados Ordinarios.....44

2.3. Hipótesis del modelo de regresión lineal clásico.....46

Capítulo III. Estrategia, Datos, Metodología y Resultados.....51

3.1. Descripción de la curva de rendimiento y el crecimiento económico de México.....51

3.2 Metodología y resultados.....57

Capítulo 4 Conclusiones.....66

Bibliografía.....69

Anexo de cuadros y gráficas.....74

RESUMEN

Diversos estudios han encontrado que la pendiente de la curva de rendimiento, es decir, el diferencial de tasas de interés de largo y corto plazo cuenta con algún poder predictivo sobre la evolución de la actividad económica real.

En el caso de México distintos estudios que establecen una relevancia de la curva de rendimiento de tasas de interés sobre el crecimiento económico; no obstante, entre los trabajos realizados no se hace referencia a dicho comportamiento bajo condiciones de recesión económica.

El objetivo principal de este trabajo consistió en realizar un análisis del poder predictivo del *spread* de tasas de interés sobre el crecimiento de la actividad económica de México durante los años de crisis 2008 y 2009, un periodo de recesión surgido del mercado de hipotecas de alto riesgo (*subprime*) en Estados Unidos.

Con el fin de descubrir el efecto de predicción, realicé estimaciones econométricas utilizando como variable explicada las series mensuales del Indicador Global de la Actividad Económica y el Índice de Producción Industrial para el periodo 1994-2010. Como variable explicativa se utilizó el diferencial de tasas de interés de los rendimientos mensuales de los Cetes a 364 y 91 días respectivamente.

Entre los resultados encontrados se descubrió que para el periodo completo de estudio el *spread* de tasas de interés si ejerce un poder de predicción sobre las variables reales de la economía; sin embargo, para el periodo sub-muestra 2000-2010 el poder de predicción desaparece.

Así pues, siguiendo la hipótesis de que el *spread* de tasas de interés predice la actividad económica futura, para el periodo que abarca los años 2000-2010 la hipótesis de rechaza. Así, en el contexto de la crisis *subprime* la teoría de predicción de la curva de rendimiento no es aplicable.

Este trabajo está organizado de la siguiente manera: el capítulo 1 presenta el marco teórico, donde se describe la literatura económica asociada al estudio de tasas de interés y su estructura temporal. Asimismo, se hace una revisión de los estudios empíricos y teóricos hechos sobre este tema. El capítulo 2 presenta un repaso a la literatura econométrica, herramienta que utilizamos para probar el poder de predicción de la curva de rendimientos, poniendo énfasis en los argumentos que muestran la efectividad del modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). En el capítulo 3 presentamos la metodología seguida, los datos empleados y el resultado de las estimaciones econométricas realizadas en el paquete estadístico E-Views 7. Finalmente se presentan las conclusiones y anexos.

INTRODUCCIÓN

Para identificar el impacto de la crisis *subprime* hay que observar más allá de los mercados bursátiles con el fin de entender las incidencias que tuvo dicha recesión en los mercados bursátiles mundiales y, desde luego, en el mercado de valores mexicano.

Antes de que estallara la burbuja financiera en el mes de septiembre de 2008, las economías avanzadas, que representan el 55% de la producción global, entraron en recesión afectando la actividad económica real; es decir, los niveles de empleo y producción de los sectores que generan bienes y servicios a la economía.

Una vez que la actividad económica se encontró prácticamente en recesión, la crisis alcanzó al sector financiero generando corridas bancarias que no fue posible controlar debido al bajo valor de capitalización de los instrumentos derivados que, en ese momento, se encontraban en los portafolios de inversión de todo el sistema bursátil mundial.

La recesión que tuvo lugar en las principales economías del planeta y la incertidumbre provocada en sus mercados financieros se difundió al resto del sistema bursátil internacional impactando finalmente a las economías emergentes, provocando de esta manera un efecto de recesión económica a escala global.

Inicialmente los mercados emergentes estuvieron vinculados a estos problemas sólo cuando los inversionistas extranjeros comenzaron a sacar su dinero de ellos. Posteriormente, el pánico llegó a los mercados crediticios, los mercados monetarios y los de divisas, poniendo en evidencia las vulnerabilidades de los sistemas financieros y sectores corporativos de varios países en desarrollo que habían vivido auges del crédito y habían tomado préstamos cortos y en moneda extranjera.

Las mayores fragilidades del sistema se dieron en países con grandes déficits de cuenta corriente y/o altos déficits fiscales -fue el caso de algunos miembros europeos-, o en países con grandes pasivos de corto plazo en moneda extranjera. Incluso los que mostraron mejores desempeños, como Brasil, Rusia, India y China, corrieron el riesgo de una relajación

económica; en tanto que otros mercados emergentes se encontraron en riesgo de sufrir también una severa crisis financiera.

Los mercados financieros globales experimentaron durante 2008 su peor crisis desde la Gran Depresión de los años 1930. Instituciones financieras de renombre terminaron en la ruina; otras fueron compradas a precio de remate o sobrevivieron sólo después de importantes rescates. Los mercados accionarios globales cayeron en más del 50%; los diferenciales de las tasas de interés subieron vertiginosamente; mientras que apareció una severa crisis de liquidez y de crédito.

La crisis global sufrida fue desencadenada por el colapso de la burbuja inmobiliaria norteamericana, pero esa no fue la causa sino más bien la consecuencia de los excesos de crédito de Estados Unidos en hipotecas residenciales, hipotecas comerciales, tarjetas de crédito, préstamos para automóviles y créditos estudiantiles. También hubo excesos en los productos asegurados que convirtieron esas deudas en derivados financieros tóxicos, en toma de préstamos por parte de los gobiernos locales, en financiamiento para compras apalancadas que nunca debieron haber ocurrido, en bonos corporativos que sufrieron pérdidas masivas en una ola de impagos; en el mercado desregulado de las permutas de riesgo crediticio.

Estas patologías no estuvieron confinadas a Estados Unidos, hubo burbujas inmobiliarias en otros países, alimentadas por un exceso de préstamo barato que no reflejaba los riesgos subyacentes. También hubo una burbuja de materias primas y una burbuja de fondos de capital privado y de cobertura.

El problema no fueron solamente las hipotecas de alto riesgo, sino un sistema financiero “de alto riesgo”. En la recesión inmobiliaria –la peor en la historia de Estados Unidos—los precios de las casas cayeron con el tiempo en más del 20%¹ y millones de estadounidenses perdieron sus hogares. Las liquidaciones y los impagos se extendieron de las hipotecas de alto riesgo a las de riesgo medio y bajo. De esa manera, las pérdidas totales de los instrumentos relacionados con las hipotecas –incluyendo derivados crediticios exóticos

¹ N. Roubini : www.project-syndicate.com. 2008

como las obligaciones de deuda avalada (CDO por sus siglas en inglés) se elevaron a más de 400 mil millones de dólares.

También se añade a estos riesgos financieros los enormes problemas de los aseguradores de bonos, quienes garantizaron muchos de los riesgosos productos CDO, productos que sumaron pérdidas por alrededor de 150 mil millones de dólares una vez descalificados.

Por otra parte, existió la exposición de los bancos y otras instituciones financieras a las pérdidas crecientes relacionadas con los préstamos utilizados para financiar adquisiciones apalancadas (LBO por sus siglas en inglés) imprudentes. Con una recesión cada vez más profunda, muchas LBO que tenían demasiada deuda y no suficiente capital fracasaron en la medida en que las empresas con ganancias menores o pérdidas mayores no pudieron cubrir sus préstamos.

Ante todo esto, la recesión condujo a un brusco aumento de los impagos corporativos, que habían sido bajos en los años previos a la crisis –un promedio de 0.6% anual-, en comparación con el promedio histórico de 3.8%². Durante una recesión típica, la tasa de impagos entre las corporaciones puede aumentar al 10-15%, lo que constituyó una amenaza de grandes pérdidas para quienes tenían bonos corporativos de riesgo.

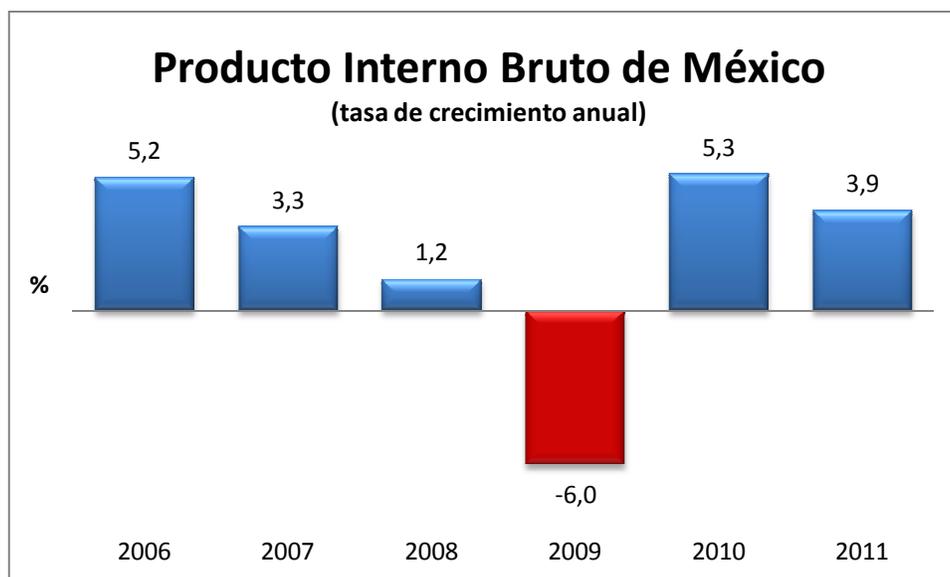
Como resultado, el mercado de swaps de impago de crédito (CDS por sus siglas en inglés) - en el que se compra y vende protección contra los impagos corporativos- también experimentó pérdidas importantes. En ese caso, existió un grave riesgo de quiebra de algunas de las empresas que vendieron protección, lo que desencadenó pérdidas adicionales para los compradores de protección cuando sus contrapartes no pudieron pagar.

En este tenor de ideas los mercados bursátiles tanto internacionales como nacionales se vieron impactados mostrando caídas importantes en sus respectivos índices accionarios. En ese sentido las pérdidas en los mercados de valores tuvieron un efecto doble: reducción de la riqueza de los agentes económicos con la consecuente reducción en gastos, provocando pérdidas a los inversionistas que pidieron préstamos para invertir en acciones y desencadenando de esta forma llamadas de margen y ventas forzadas de activos.

² Idem

En el caso de nuestro país el crecimiento económico a tasa anual fue de 5.3% en 2010, esto luego de haber registrado una caída 6% en 2009, como se muestra en la gráfica 1. Pese a la recuperación observada en 2010, hubo sectores de la economía mexicana que sucumbieron ante la recesión durante casi dos años como fue el caso de la industria de la construcción.

Gráfica 1.



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

La tasa de generación de empleo de nuestro país, muy vinculada al crecimiento económico, se vio afectada más allá de 2009. La débil recuperación de la demanda doméstica y un endeble clima de negocios generó una tasa de desempleo que pasó del orden de 4% de la Población Económicamente Activa (PEA) en 2008 a un nivel de 5% en 2011; es decir, si bien la tasa de crecimiento económico se recuperó inmediatamente después de la crisis, el nivel de desempleo no disminuyó con esta aparente recuperación, como se puede apreciar en la gráfica 2.

Así pues, la población desocupada antes del estallido de la crisis ascendía alrededor de 1 millón 700 mil personas, en tanto que durante la contracción el desempleo alcanzó a 2.5 millones de individuos, nivel que perduró incluso más allá del año 2010. Asimismo, el

consumo y la inversión cayeron durante 2009, en el caso de la inversión física el retroceso alcanzó tasas anuales de -12% en dicho año.

Gráfica 2.



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

La crisis económica de los años 2008 y 2009 con impacto a escala mundial, la cual se originó en las economías desarrolladas y no en las economías emergentes como comúnmente había sucedido desde la década de los ochenta, generó un cambio en la forma de observar y medir los ciclos económicos y su relación con los mercados financieros tanto nacionales como locales.

Ante el escenario antes descrito, la hipótesis central de este trabajo parte del hecho de que existe, aún en condiciones de incertidumbre y caída generalizada de la producción, un poder de predicción de la curva de rendimiento de tasas de interés sobre el crecimiento económico real.

El objetivo principal de este trabajo consiste en realizar un análisis del poder predictivo de la curva de rendimiento sobre el crecimiento de la actividad económica de México durante los

años 2008 y 2009 en los cuales se sufrió los alcances de la crisis económica mundial; a saber, la crisis surgida del mercado de hipotecas de alto riesgo en Estados Unidos.

En términos econométricos, este trabajo intenta rechazar la hipótesis nula de que la curva de rendimiento de tasas de interés NO tiene un poder de predicción sobre el crecimiento económico; en otras palabras, que si existe un poder de predicción del diferencial de tasas de interés sobre el movimiento de variables económicas reales.

La revisión empírica sobre el poder de predicción de la curva de rendimientos ha tenido su constante para el caso de economías desarrolladas, siendo el caso para la economía norteamericana la de mayor aplicación de estudios tanto empíricos como teóricos. En este sentido, entre las diversas investigaciones realizadas se ha concluido que el diferencial de tasas de interés si tiene un poder predictivo sobre la evolución de la economía, principalmente para casos donde el periodo de estudio se efectúa para los años anteriores al 2000; no obstante, dicha afirmación carece de similitud cuando el análisis se extiende a una gama más grande de países.

A partir de la segunda mitad de la década de los ochenta, diversos estudios han encontrado que la pendiente de la curva de rendimiento; esto es, el diferencial entre la tasa de interés de largo plazo y de corto plazo, cuenta con algún poder predictivo sobre la evolución de la actividad económica real y la inflación. Es decir, el comportamiento de la curva de rendimiento genera efectos sobre la actividad económica reflejándose a través de movimientos en las variables reales tales como el índice de actividad industrial, la actividad del sector servicios o simplemente a través de algún indicador de la actividad agregada.

En este sentido, la estructura de plazo de interés contiene información que ha sido explotada en múltiples formas por los investigadores de la ciencia económica. Se han desarrollado estudios sobre el poder de predicción que el *spread* de tasas de interés ejerce sobre las tasas de interés nominales y reales de corto y largo plazo; sobre el nivel de inflación; y principalmente sobre el nivel de actividad económica real expresado por el crecimiento real anual del Producto Interno Bruto.

Una de las razones principales de que este tipo de estudios se adapten a economías desarrolladas involucra el hecho de que se requieren mercados financieros suficientemente desarrollados para que la curva de rendimiento refleje las condiciones tanto de expectativas de mercado como del riesgo asociado a cada economía.

Si bien existe escasa evidencia para economías emergentes, en el caso de México se han desarrollado estudios que tratan de establecer la relevancia de la curva de rendimiento de tasas de interés sobre el desempeño de la economía real; no obstante, entre los estudios realizados no se hace referencia a dicho comportamiento bajo las condiciones de la recesión económica mundial de los años 2008 y 2009.

Así pues, siguiendo principalmente el estudio de Hamilton y Kim³, realizamos estimaciones econométricas utilizando como variable explicada las series mensuales del Indicador Global de la Actividad Económica (IGAE), el IGAE del sector servicios y el índice de producción industrial para un periodo de estudio 1994-2010, con sus respectivos periodos de muestra 1999-2008 y 2000-2010. Por su parte, como variable explicativa se utilizó el diferencial de tasas de interés de los rendimientos promedio mensuales de los Cetes a 364 y Cetes a 91 días respectivamente.

Bajo el supuesto de que el estimador de la variable explicativa debe ser mayor a cero y estadísticamente significativo, entre los resultados encontrados se descubrió que para el periodo completo el spread de tasas de interés si tiene un poder de predicción sobre las variables reales de la economía; sin embargo, para el caso de las sub-muestras – principalmente para los años 2000-2010- el poder de predicción de las tasas de interés sobre las variables de producción desaparece.

³ Hamilton, J. D, y D. Kim (2002), “A Re-Examination of the Predictability of Economic Activity Using the Yield Spread”. NBER, P. 2-27

Capítulo 1. Teoría de tasas de interés y su estructura temporal

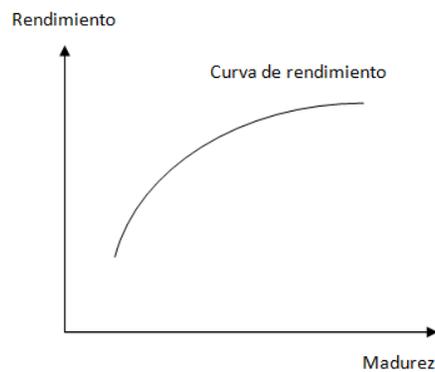
Introducción

La estructura temporal de tasas de interés ha sido un tema muy analizado en economía aplicada en épocas recientes, retomando especial importancia a partir del desarrollo de los mercados financieros. El estudio sobre la estructura de tasas adquiere relevancia para explicar la evolución del sector financiero, el nivel de actividad económica, las tasas de inflación y los patrones de inversión y consumo, así como su utilidad para predecir futuros comportamientos en la actividad productiva, cambios en la política monetaria, inflación, entre otras variables económicas.

Con el afán de vislumbrar el rumbo de las finanzas y especialmente de la economía, los indicadores adelantados han cobrado fuerte importancia ya que permiten anticipar el rumbo de la actividad económica y con ello la toma de decisiones. Entre los diferentes tipos de indicadores adelantados se ha considerado a la curva de rendimiento como un elemento para la predicción. Esta curva representa en forma grafica la estructura temporal de tasas de interés en un momento determinado. Es decir, la relación entre los rendimientos de bonos con características similares y diferentes plazos de vencimiento.

La curva de rendimientos muestra la relación que existe entre los rendimientos de una clase particular de valores y el tiempo que falta para su vencimiento, lo cual es conocido como la estructura temporal de tasas de interés para instrumentos con riesgo similar pero con diferentes plazos de maduración. La estructura temporal de tasas de interés es un indicador de la evolución futura de los tipos de interés e inflación por lo que se considera un elemento esencial en el diseño de estrategias de gestión de riesgos y en la toma de decisiones de inversión y financiamiento.

Cuando la curva de rendimientos tiene pendiente positiva refleja mayores rendimientos para plazos de tiempo largos; es decir los rendimientos varían directamente con los plazos. Por el contrario, cuando la curva tiene pendiente negativa indica que los rendimientos de largo plazo disminuyen en relación a las tasas de interés de corto plazo; finalmente, cuando la curva de rendimientos tiene pendiente cero quiere decir que las tasas de interés son las mismas independientemente de los plazos de maduración.



Es de esperar que una pendiente negativa de la curva de rendimientos o curva invertida (tasas de largo plazo menores a las de corto plazo) indique expectativas de una recesión futura; esto se puede explicar ya que los rendimientos esperados contienen información sobre los planes de consumo de los agentes económicos.

Existen diversas teorías que explican la pendiente de la curva de rendimientos entre las que destacan *la teoría de la preferencia por la liquidez*, *la teoría de segmentación de mercado*, *la teoría del hábitat preferido* y *la hipótesis de las expectativas racionales*.

1.1) Teoría de tasas de interés y su equilibrio.

a) Teoría de la preferencia por la liquidez.

Teoría desarrollada por Keynes⁴ donde plantea que la eficiencia marginal del capital es la que influye en el volumen de las inversiones y que la tasa de interés es la que define la cantidad de fondos disponibles para que se lleven a cabo las inversiones. Esto significa que la tasa de interés no equilibra la demanda de inversión y los ahorros, sino que se fija en el mercado de dinero, es decir, de la interacción de la cantidad de dinero y de la preferencia por la liquidez o de la demanda de dinero.

Así pues, el mercado de dinero brinda la señal del costo de la inversión o de los fondos necesarios para efectuar la inversión, mientras que la eficiencia marginal del capital puede ser vista como la variable que incentivará a las empresas para llevar a cabo nuevas inversiones en capital o mayor acervo de capital fijo.

No obstante, según Keynes existen otros factores que afectan la tasa de interés; sobre todo si se tiene en cuenta de que la propensión marginal a consumir determina que proporción del ingreso que se destinará al consumo y que el resto del ingreso será un residuo que no necesariamente se convertirá en una inversión porque existirá una ley psicológica que influirá en las personas cuanto de ese residuo permanecerá atesorado para imprevistos y transacciones, y que existirá una parte del residuo antes mencionado que será invertido con la finalidad de obtener una ganancia que será la tasa de interés o ganancia de la inversión. Esta ganancia influye en los agentes a estar dispuestos a abandonar la liquidez en su poder.

De esta manera, Keynes define la preferencia por la liquidez como una función que conecta la liquidez que desea mantener en su poder las personas y las tasas de interés. Esta tasa de interés será aquella que influirá en la decisión de las personas de mantener efectivo o invertirlo en activos que generen ganancias.

⁴ Keynes, J. M. "Teoría General de la Ocupación, el Interés y el Dinero"

Por su parte Keynes define los tipos de preferencia por la liquidez: 1) motivo de transacción; 2) motivo de precaución y; 3) el motivo de especulación. Los dos primeros tipos de liquidez no dependerán de la tasa de interés en tanto que el tercer tipo si depende de la tasa de interés toda vez que la especulación sería el móvil sobre cuanta cantidad de dinero retendrán las personas dependiendo de la ganancia que representa el adquirir valores financieros. Entonces si restamos de la cantidad total de dinero en la economía la liquidez por motivos transacciones y precaución nos quedaría la liquidez que sería utilizada en la especulación.

Keynes lo define de la siguiente manera:⁵

En lo general podemos suponer que la curva de preferencia por la liquidez que liga la cantidad de dinero con la tasa de interés es dada por una curva suave que muestra como esa tasa va descendiendo a medida que la cantidad de dinero crece.....

Consecuentemente se define la demanda de dinero como una función que conecta las cantidades de dinero con la tasa de interés. La tasa de interés disminuye a medida que aumenta la cantidad de dinero porque los valores de los activos financieros (el complejo de las tasas de interés) o simplemente la rentabilidad de los bonos, aumenta al crecer su demanda. Si la tasa de interés disminuye entonces las personas estarán incentivadas a mantener efectivo porque el costo de oportunidad disminuye.

En términos agregados la teoría por la preferencia de la liquidez consiste en que los agentes económicos (ahorradores) prefieren manejar títulos a corto plazo, pues estos tienen una sensibilidad menor a los cambios en las tasas de interés y ofrecen una mayor flexibilidad en las inversiones si se compara con los títulos de largo plazo. Los prestatarios, por su parte, prefieren deuda a largo plazo, pues la de corto plazo los expone al riesgo de hacer una refinanciación de la deuda en condiciones adversas.

⁵ Idem. p. 155

Bajo estas condiciones ambas situaciones generan tasas de corto plazo relativamente bajas. En su conjunto, estos dos grupos de preferencias implican que en condiciones normales existe una prima de riesgo por vencimiento que aumenta en función de los años de vencimiento, haciendo que la curva de rendimientos posea una pendiente ascendente.⁶

b) Teoría de fondos prestables

La teoría de los fondos prestables señala que las tasas de interés se fijan en el mercado de acuerdo a la demanda y oferta de fondo prestables, similar al caso keynesiano; sin embargo, en esta teoría se incluye a todos los sectores de la economía y no solo al sector donde se fija el equilibrio entre inversiones y eficiencia marginal del capital.

Así pues, entran en el juego de equilibrio de tasas de interés la demanda total de fondos que hacen empresas, gobierno y particulares, y la oferta total de fondos proveniente de empresas, gobierno, bancos y particulares.

El mecanismo por el cual entra en equilibrio las tasas de interés está determinado por la interacción entre la demanda y oferta agregada de fondos prestables. A mayor tasas de interés existe una menor demanda de fondos, decretando una relación inversa entre tasa de interés y demanda; por el contrario, la relación es directa entre la oferta de fondos y el nivel de tasas de interés.

Grosso modo, cuando las tasas de interés tienden a ser mayores, hay incentivos –de intertemporalidad- para generar mayor cantidad de ahorro el cual se traduce en oferta de fondos prestables; no obstante, asumiendo la optimización económica, la mayores tasas de interés disminuirán las inversiones y la demanda de fondos por parte de los agentes económicos.⁷

⁶ Douglas, L. G. (1988), “Yield curve analysis” *New York Institute of Finance*, P 367-370.

⁷ Argumento referenciado a diversos textos de macroeconomía.

1.2) Estructura temporal de tasas de interés.

La teoría de los fondos prestables y la teoría Keynesiana identifican alternativamente las tasas de interés de equilibrio; sin embargo, ninguna reconoce con suficiente claridad la presencia de tasas de interés de diferentes niveles para títulos con diferentes periodos de maduración.⁸ Se consideran diversas teorías para explicar el comportamiento de estructura temporal de tasas de interés.

a) Teoría de las expectativas.

Se considera en la teoría de las expectativas⁹ de la estructura temporal de tasas de interés que en una economía progresiva se asume que la tasa de interés cambia de periodo en periodo. Si se supone que los agentes económicos tienen previsión perfecta y se ignoran los costos propios del préstamo, se puede 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.

Esta teoría definida inicialmente por Lutz¹⁰ parte de la hipótesis de que los inversores tienen expectativas homogéneas (pero no idénticas) y que pueden prever los tipos de interés con certeza. Lutz se basa en las siguientes hipótesis básicas:

- Los mercados son eficientes; toda nueva información es reflejada de manera instantánea en el precio de los activos.
- Los agentes económicos (inversionistas) maximizan su beneficio esperado utilizando indistintamente títulos a largo y a corto plazo.
- No existen costos de transacción y hay libertad de movimientos de capitales.

⁸ Ortiz, E. "Tasas de interés: equilibrio, estructura temporal, riesgos y modelos" Notas para curso de Gestión Financiera, Posgrado de Ingeniería, UNAM.

⁹ Mascareñas J. (1991), "La estructura temporal de los tipos de interés". *Universidad Complutense de Madrid*, Mayo.

¹⁰ Lutz, F. A. (1940), "The structure of interest rates". *Quarterly Journal of Economics*, November.

- Tanto el pago de cupones como la devolución del capital se conocen con certeza.

La teoría de las expectativas implica que los mercados son perfectamente 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 posibilidad de realizar arbitraje, un número suficiente de participantes del mercado reconocería estas oportunidades y las explotaría. Al buscar obtener estas ganancias, el precio de los instrumentos se ajustaría, 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.

Así, por ejemplo, una estructura plana implica que el mercado espera que los tipos a corto plazo futuros coincidan con los tipos a corto actuales; si los rendimientos siguen una curva decreciente indicará la esperanza en un descenso de los tipos de interés a corto plazo futuros, lo que impulsará a los inversores a adquirir bonos a largo plazo por miedo a perder dinero si reinvierten sus títulos a corto plazo, este aumento de la demanda de los bonos a largo plazo impulsará su precio hacia arriba provocando un descenso del rendimiento. Lo contrario ocurrirá si la curva de rendimientos es creciente.¹¹

En suma, la hipótesis de expectativas plantea que las tasas de interés de largo plazo deben reflejar por completo la información revelada por las futuras tasas de interés de corto plazo esperadas; es decir, que las tasas de largo plazo no son más que una suma ponderada de los tipos de corto plazo esperados. Así se puede afirmar que la Hipótesis de expectativas es una teoría que plantea que las tasas de interés exclusivamente representan las tasas previstas en el futuro.

¹¹ Mascarenas J. (1991), "La estructura temporal de los tipos de interés". *Universidad Complutense de Madrid*, Mayo.

b) Teoría de la segmentación de mercado

La teoría de expectativas fue vista por los participantes de mercado como meros artificios académicos, que no lograban dar una explicación satisfactoria sobre la estructura temporal de tasas de interés. Culbertson¹² formuló una tercera teoría de la estructura temporal sugiriendo que el comportamiento de los inversionistas y prestatarios en mercados segmentados determinaba la forma de la curva de rendimiento. La idea básica era que los mercados financieros, a través del proceso de oferta y demanda, determinaban los rendimientos del mercado.

Según esta teoría¹³, los mercados de diferentes tipos de instrumentos están sometidos, en la práctica, a una cierta segmentación; esto es, en cada mercado se negocian determinados instrumentos y únicamente cierto tipo de agentes tienen acceso al mismo ya sea por razones técnicas, legales, etc. De esta manera el precio de cada tipo de activo se forma por la interacción entre la oferta y la demanda del mismo en el mercado particular donde se negocia, y de forma independiente a los demás activos.

Esta teoría asume que el mercado está poblado por inversores individuales, que son extremadamente adversos al riesgo, así como por empresas e instituciones para las que la supervivencia es lo más importante. Todos pretenden *inmunizar* su cartera. Esto se consigue si el vencimiento efectivo de cada inversión se ajusta exactamente al de su financiación.

Así, por ejemplo, un banco comercial invertirá en bonos a corto plazo para contrarrestar el efecto de sus depósitos, que también son a corto plazo. Un fondo de pensiones invertirá en bonos a largo plazo debido a que se ha comprometido a pagar a largo plazo las pensiones de sus asociados.

¹² Culbertson, J. M. (1957), "The term structure of interest rates" *The Quarterly Journal of Economics* November P. 485-517.

¹³ Mascareñas J. (1991), "La estructura temporal de los tipos de interés", *Universidad Complutense de Madrid*, Mayo.

La *teoría de la segmentación del mercado* parte de la idea de que la supervivencia de la institución es la función objetivo que hay que optimizar. Para ello, se minimiza el riesgo, lo que implica ajustar perfectamente los vencimientos de los activos con los de las deudas, ello sin tener en cuenta las atractivas tasas de rendimiento que se puedan observar en otros activos con diferente vencimiento. Supongamos que la estructura temporal se divide en dos partes o segmentos, que corresponden al corto plazo y al largo. Para cada segmento hay una lista de ofertas y demandas sobre recursos financieros que se pueden prestar. En la intersección entre la oferta y la demanda nosotros establecemos el rendimiento. Los oferentes de fondos son los que invierten en los títulos, mientras que los demandantes son los emisores de dichos títulos.

La *teoría de la segmentación* supone que las empresas están guiadas por la idea de sobrevivir y por lo tanto buscarán el encaje perfecto entre los vencimientos de sus inversiones y de la financiación necesaria para llevarlas a cabo. Así que emitirán títulos de renta fija con un plazo equivalente al del activo en el que se disponen a invertir el dinero conseguido con dicha emisión. En cualquier caso, se dice que la demanda de recursos financieros prestables a largo y corto plazo está determinada por la naturaleza de las oportunidades de inversión de las empresas.

Ambos segmentos están conectados desde que la oferta de recursos se dirige a unos tipos de instituciones financieras y abandona otros, por ejemplo, los flujos de fondos pueden abandonar los fondos de pensiones para penetrar en los bancos comerciales, con lo que se produciría una presión hacia arriba de los tipos de interés a largo plazo, al mismo tiempo que otra presión hacia abajo de los tipos a corto plazo. Cuando el ciclo madure y los inventarios comiencen a llenarse, las demandas por préstamos a corto plazo para financiar la expansión de los inventarios aumentará produciendo una presión al alza de los tipos a corto plazo.

Así, la teoría de la segmentación afirma que prestamistas y prestatarios se confinarán en ciertos segmentos de la curva de rendimientos debido a las siguientes razones:¹⁴

¹⁴ Mascareñas J. (1991), "La estructura temporal de los tipos de interés", *Universidad Complutense de Madrid*, Mayo

- i. Las regulaciones legales, que limitan las inversiones que bancos, cajas de ahorro, aseguradoras, y otros inversores institucionales pueden realizar.
- ii. El alto coste de la información, que hace a los inversores el especializarse en un sólo segmento.
- iii. La rígida estructura de vencimientos de las deudas que varios inversores en bonos tienden a tener (fondos de pensiones y aseguradoras, por ejemplo, tienen previsibles responsabilidades a largo plazo) y que les obliga a cubrirlas con activos de vencimientos equivalentes.

Como resultado de todo ello, los tipos de interés de los diferentes vencimientos tienden a ser determinados independientemente por las condiciones de la oferta y la demanda en los diferentes segmentos del mercado.

En cuanto a la valoración de esta teoría, debe ser dicho que la *inmunización* es ampliamente practicada por las instituciones financieras. Sin embargo, parece dudoso que la supervivencia sea el objetivo principal de las empresas e instituciones financieras. Si estas empresas buscaran la supervivencia sin importarles la maximización del valor de mercado de sus acciones, ellas se acabarían encontrando en el estómago de algún *tiburón* o de empresas que sí maximizan su precio de mercado y obtienen ganancias de capital. Esta teoría presupone la existencia de una absoluta aversión al riesgo de tal calibre que aunque los agentes pudieran operar en plazos distintos a los habituales, debido a que se beneficiarían de las diferencias existentes entre los tipos a plazo y los tipos de interés esperados, no lo harían. En la práctica este último supuesto parece no cumplirse y por ello surgió la *teoría del hábitat preferido*.

c) Teoría del Hábitat Preferido

Basada en los estudios de Franco Modigliani y Richard Sutch¹⁵, utilizan argumentos similares a la teoría de segmentación de mercado, reconociendo sus limitaciones y combinando aspectos de las otras teorías, generando una versión más moderada de esta. Al igual que la teoría de Culberston reconoce la existencia de grupos heterogéneos de prestatarios y prestamistas los cuales muestran preferencia por instrumentos de diferentes vencimientos.

Esta teoría descansa sobre la premisa de que los inversores que hacen coincidir la vida de sus activos con la de sus deudas soportan el menor riesgo posible. Esto se debe a que ellos están más preocupados por conseguir una cantidad determinada al final de un plazo de tiempo que con respecto a la manera cómo se consigue dicho objetivo. Teniendo en cuenta que son adversos al riesgo, dicho encaje entre deudas y activos es su posición (hábitat) preferida, con ello eliminan el riesgo sistemático. Pero si fuese posible obtener un rendimiento extra sobre activos que tienen vidas distintas, ellos ajustarán su posición para incluir más de estos activos de superior rendimiento. La *teoría del hábitat* sintetiza las teorías de las expectativas y de la prima de liquidez, adoptando una teoría de mercados segmentados en los que la tasa de rendimiento para cada plazo viene definida por la relación entre la oferta y la demanda de capitales para dicho horizonte temporal.

La principal complejidad de esta teoría estriba en la interpretación del proceso de determinación del equilibrio del mercado financiero. Es necesario tener en cuenta que el equilibrio del mercado implica que la oferta y la demanda de los activos financieros ajusten sus plazos en cada momento, según el hábitat en el que nos encontremos.

Si esta teoría es correcta, existirán primas para aquellos vencimientos donde hay una demanda insuficiente, las cuales serán necesarias para inducir a los inversores a abandonar sus hábitats preferidos. Así, por ejemplo, si las emisiones de deuda a largo plazo superan a la

¹⁵ Modigliano F. y Sutch R (1966). "Innovations in Interest Rate Policy". *American Economic Review*. May P. 178-197

oferta de capital existente para dicho plazo, las empresas emisoras se verán en la obligación de pagar una prima para tentar a los inversores, que operan en plazos más cortos, a ampliar el vencimiento de sus inversiones, prima que les compensará por el aumento de riesgo en el que entrarán al abandonar su hábitat preferido. Por el contrario, si la demanda de títulos de renta fija a largo plazo superase ampliamente a la oferta de los mismos, éstos proporcionarían unos rendimientos inferiores a los habituales, es decir, una prima negativa que podría inducir a ciertos inversores a cambiar de hábitat.

La prima a plazo es, por tanto, la remuneración de un riesgo de desequilibrio de la estructura que los diversos inversionistas estarán dispuestos a correr. No hay ninguna razón para suponer que dicha prima sea estrictamente creciente con el tiempo sino que dependerá del horizonte promedio de inversión y de la importancia relativa de los inversores institucionales. Tanto la determinación del valor de dicha prima (Π) a plazo como el de su signo, pues puede ser positiva o negativa, son bastante difíciles de evaluar a priori.

Esta teoría propone que la forma de la estructura temporal de tasas de interés viene determinada por las expectativas de los tipos de interés y por las primas de riesgo, positivas o negativas, que inducen a los agentes a abandonar sus hábitats preferidos.

- 1.3) Supuestos económicos de la predicción de la actividad económica real basado en el diferencial de tasas de interés.

Siguiendo la explicación de Hamilton y Kim¹⁶, el diferencial de tasas de interés está determinado por las expectativas futuras de tasas de interés y por una prima por el plazo en los mercados financieros. La relación entre el diferencial de tasas de interés y la actividad futura de la economía se puede explicar en términos del rol que juega el diferencial en los tipos de interés como una señal de las expectativas futuras de la tasa de interés de corto

¹⁶ Hamilton, J. D. y D. H. Kim (2002), "A reexamination of the predictability of economic activity using the yield spread". *NBER*, págs. 2-27.

plazo (el efecto expectativa) o como una señal en el cambio en la prima por el plazo (efecto de prima por el plazo).

Suponga que la autoridad monetaria adopta una política monetaria contractiva. En este caso los participantes del mercado esperan que la política monetaria restrictiva incrementara temporalmente las tasas de interés de corto plazo. Si la tasa de interés de corto plazo actual es mayor que la tasa de interés de corto plazo esperada en el futuro, ello significa que la tasa de interés de largo plazo crecería menos que la tasa de interés de corto plazo de acuerdo a la teoría de las expectativas, formando un diferencial de tasas más plano.

De esta manera, la restricción monetaria reduciría eventualmente el gasto en algunos sectores productivos importantes de la economía causando en el crecimiento económico una desaceleración. De manera inversa, una política monetaria laxa resultaría en un diferencial de tasas de interés mayor, con lo cual habría señales de un crecimiento económico más rápido. De acuerdo con este escenario, existe una correlación positiva entre el diferencial de tasas y el crecimiento económico futuro.

Alternativamente, las expectativas de mercado sobre el crecimiento futuro de la economía se puede reflejar en el diferencial de tasas a través de los cambios esperados futuros de las tasas de interés de corto plazo. Si los participantes del mercado anticipan un crecimiento en la economía y tasas futuras de retornos de inversión mayor, entonces la expectativa futura de las tasas de corto plazo exceden a las tasas de corto plazo actuales, lo cual generaría que el diferencial de tasa de interés fuera más grande. Asimismo, el diferencial también contiene una prima por el plazo, la cual refleja en parte el riesgo de inversiones alternativas. Por ejemplo, si la tasa de interés se vuelve más volátil al final de una expansión, esta situación podría reducir el diferencial haciendo que las tasas de interés de largo plazo fueran menores en relación a los tipos de corto plazo.

Si bien, como se verá más adelante, diversos estudios han encontrado una relación positiva estadísticamente significativa entre la pendiente de la curva de rendimiento y el crecimiento

económico; no obstante, no existe una teoría única aceptada de manera general que explique los fundamentos económicos de dicha relación. La teoría más básica sobre el poder explicativo del diferencial radica en **la hipótesis de expectativas de la estructura de tasas**. Dicha teoría establece que, bajo ciertos supuestos, para cualquier periodo en el que se van a mantener los bonos, la ganancia esperada debe ser la misma para cualquier combinación de bonos con diferente maduración pero con el mismo grado de riesgo, por ejemplo bonos del mismo emisor.

Es decir, la ganancia de mantener un bono de seis meses debe ser igual a la de mantener un bono de tres meses por dos periodos consecutivos. Lo anterior implica que si el bono de una maduración de seis meses tiene una tasa de 9% y el de tres meses tiene una tasa de 8%, para que esta teoría se mantenga, el mercado espera que dentro de tres meses la tasa de un bono con maduración de tres meses sea de 10%. Así, la tasa de interés de un bono de largo plazo se puede expresar como el promedio de las tasas de corto plazo que serán vigentes durante el periodo de maduración de dicho bono. Es decir:

$$C_t^l = \frac{C_t^n + \sum_{j=1}^{n-1} E_t(C_{t+j}^n)}{n}$$

Donde C_t^l es la tasa de largo plazo y C_t^c es la tasa de corto plazo. De esta forma, una pendiente positiva de la curva de rendimiento implica una tasa mayor esperada de rendimiento a largo plazo que la tasa actual de corto plazo sugiere; a su vez, el mercado anticipa un incremento futuro de la tasa de interés a corto plazo. Lo anterior refleja la percepción de que la política monetaria contemporánea es relativamente más laxa que la esperada por el mercado para el futuro. Asimismo, puede reflejar el hecho de que la parte corta de la curva de rendimiento tiene una mayor respuesta a acciones de política monetaria que la parte larga de la curva.

De acuerdo con este argumento, una pendiente positiva de la curva de rendimiento sugiere que la tasa de interés contemporánea es relativamente baja (por ejemplo, una política

monetaria laxa, lo que tendría como consecuencia una expansión futura de la actividad real). De esta manera se obtiene una relación positiva entre la pendiente de la curva de rendimiento y el crecimiento económico. Es la llamada explicación de un factor común, es decir, que tanto la pendiente de la curva de rendimiento, como la actividad económica futura reflejan la política monetaria contemporánea.

Una extensión de esta hipótesis es agregar a la ecuación anterior un término de riesgo o de prima por liquidez, de tal forma que dicha ecuación se convierta en:

$$C_t^l = \frac{C_t^n + \sum_{j=1}^{j-n-1} E_t(C_{t+j}^n)}{n} + P_t$$

Donde P_t , es la prima que se agrega al valor del bono ya sea por liquidez o riesgo, y que normalmente aumenta conforme el plazo de vencimiento del bono sea mayor. Así, una pendiente positiva de la curva de rendimiento implica una mayor tasa de rendimiento a largo plazo. Esta representación es congruente con la explicación anterior si se asume que la prima de liquidez no fluctúa en el tiempo.

Según la última ecuación, la parte larga de la curva de rendimiento refleja la trayectoria de la tasa de interés de corto plazo esperada por el mercado. De esta forma, si el mercado prevé que un aumento en la actividad económica generará un incremento en el ingreso real, entonces es probable que las empresas emitan bonos para financiar sus proyectos de inversión. Al emitir los bonos se aumenta su oferta provocando una disminución en su precio y un aumento en su tasa de rendimiento, lo anterior generaría que la parte larga de la curva se eleve en relación positiva entre la pendiente de la curva de rendimientos y la actividad económica futura.

De la misma manera, la estructura temporal de tasas de interés (ETTI) es relevante en el sentido de que presenta un menú de precios de consumo futuro e inversión a distintos plazos, particularmente relacionado con la teoría de segmentación de mercado y de Hábitat preferido, revisados en el apartado anterior.

Los agentes económicos participan en los mercados financieros con el propósito de posponer sus decisiones de consumo presente por consumo futuro, a cambio de recibir una tasa de interés. Algunos agentes pueden demandar esos fondos para llevar a cabo proyectos de inversión que les permitan pagar la tasa de interés que los ahorradores piden, de 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 los proyectos de inversión.

Por lo tanto, en la medida en que las tasas de interés se determinen libremente en los mercados financieros, éstas contienen información sobre los proyectos futuros de inversión y consumo de los agentes.

Existen otros modelos teóricos que han tratado este tema. Por ejemplo, Harvey¹⁷ liga el aumento en la tasa de interés real que paga un instrumento, con el aumento en el ingreso disponible y esto, en consecuencia, produce un incremento en el ritmo de consumo. Estrella¹⁸, desarrolla un modelo con características que incorporan expectativas futuras y una función de respuesta de la política monetaria proveniente de una maximización de la función objetivo de la autoridad monetaria. Estrella¹⁹ más adelante concluye que, en el caso de un banco central que reacciona únicamente a desviaciones de la actividad económica y a cambios en la tasa de interés (y no en su nivel), la pendiente de la curva de rendimientos será un excelente predictor de la economía real.

1.4) Estudios empíricos

Diversas investigaciones han encontrado evidencia de que las estructuras de tasas ejercen un poder predictivo sobre otras variables económicas y financiera. Entre los diversos estudios desarrollados, se ha examinado la posibilidad de que la política monetaria puede tener una

¹⁷ Harvey, C. R. (1988), "The real term structure and consumption growth". *Journal of Financial Economics*, P. 305-333.

¹⁸ Estrella, A. (2005b), "Why does the yield curve predictor output and inflation?". *The Economic Journal*, P. 722-744.

¹⁹ Estrella, A. (2005a), "The yield curve and recessions". *International Economy*. P .36-38.

incidencia en la pendiente de la curva de rendimientos y en la actividad económica real futura moviendo ambas variables en la misma dirección, y como resultado una asociación positiva entre dichas variables.

Algunos teóricos, como los mencionados anteriormente, argumentan que la información contenida en la pendiente de la curva de rendimientos refleja la mayor parte de las acciones de política monetaria actuales. La teoría establece que una restricción monetaria de corto plazo actual incrementaría la tasa de interés nominal y, en presencia de rigideces de los precios, la tasa de interés real de corto plazo dejaría a la tasa de interés de largo plazo relativamente intacta, causando de esta manera que la pendiente de la curva de rendimientos se vuelva más plana. Al mismo tiempo, altas tasas de interés real al día de hoy implicaría que la actuales oportunidades de inversión disminuyeran y por lo tanto un producto menor en el futuro inmediato. Entonces, bajo este escenario, tanto la pendiente actual de la curva de interés como el crecimiento futuro del producto declinarían, resultando en una asociación positiva entre ambas variables.

Así pues, la variable causal detrás del poder de predicción del diferencial de tasas de interés es la expectativa futura de la política monetaria. Dichos argumentos se fundamentan en la rigidez de los precios en el corto plazo, sin embargo en el largo plazo se atribuyen una flexibilidad en los precios.

La explicación es la siguiente, una expansión futura esperada en la tasa de crecimiento de la oferta de dinero conlleva un decremento esperado en la tasa de interés de real y por tanto una expansión del producto, pero al mismo tiempo se puede esperar un incremento en la tasa de interés nominal de largo plazo si la inflación tiene una expectativa de crecimiento, por lo que la tasa de interés real futura se estima que decline, generando que la pendiente de la curva de rendimiento se vuelva positiva. En este escenario puede por lo tanto explicar la asociación positiva entre la pendiente del diferencial de tasas de interés y cambios futuros el nivel de producción real.

Indudablemente, la política monetaria actual influye en la pendiente de la curva de rendimiento. La pregunta relevante, sin embargo, consiste en saber si existe o no información extra en la pendiente en la curva de rendimiento que pueda predecir desarrollos futuros exógenos más allá de la información corriente que puede estar contenida en la pendiente de dicha curva.

La literatura sobre la relación entre las tasas de interés y la actividad económica ha sido ampliamente documentada, numerosos estudios al respecto se centran en explicar el poder predictivo de la pendiente de la curva de rendimiento sobre la inflación así como sobre la producción. Si bien la relación entre la pendiente de la curva de rendimiento y los ciclos económicos se detectó un par de décadas atrás, no fue hasta la parte final de los ochenta que esta relación se empezó a analizar de una manera sistemática. Entre los primeros trabajos se encuentran los de Fama²⁰ y Harvey²¹, quienes bajo diferentes argumentos encuentran que la curva de rendimiento tiene capacidad para predecir el crecimiento futuro de los Estados Unidos.

Para el caso de los Estados Unidos Fama²² estudió las tasas de los bonos del tesoro (Treasury bill) para periodos de uno y seis meses entre los años 1959 y 1982 donde halló que las tasas adelantadas predicen la dirección correcta de los subsecuentes cambios en las tasas de interés de corto plazo. Fama encontró que un incremento actual en el diferencial de tasas de interés está asociado con un incremento futuro en la inflación y un decremento futuro en la tasa de interés real.

El escenario implica que la tasa de crecimiento económico real y la inflación están positivamente correlacionadas, especialmente para los años 70 y 80 cuando la asociación entre la pendiente de la curva de rendimiento y la tasa de crecimiento real futura del producto es fuerte. Más aun, la correlación entre estas dos variables entre el periodo de 1970

²⁰ Fama, E. (1990), "Term-Structure forecasts of interest rates, inflation, and real returns", *Journal of Monetary Economics*, P. 59-76.

²¹ Harvey, C. R. (1988), "The real term structure and consumption growth", *Journal of Financial Economics*, P. 305-333.

²² Fama, E. (1984), "The information in the term structure", *Journal of Financial Economics*, P. 175-196.

y 1990 fue negativa. Por ejemplo, durante el periodo 1970-1988, la correlación contemporánea entre la tasa de crecimiento real del producto y la inflación fue de -0.3, mientras que la correlación del crecimiento real del producto con variables rezagadas y adelantadas de la inflación fueron asimismo consistentemente negativas. Entonces, la hipótesis de que la variable causal detrás del poder predictivo del diferencial de tasas de interés es la expectativa sobre la política monetaria futura parece estar en conflicto con cada una de las muestras básicas de los datos.

Por su parte, Hardouvelis²³ examinó el poder de predicción de tasas adelantadas utilizando datos semanales sobre los T-bill con vencimientos de una a 26 semanas, en su estudio descubrió que no existía necesariamente una conexión entre el grado para el cual la Reserva Federal se adaptaba al objetivo de la tasa de interés y la función de predicción de las mismas, sin embargo reportó que el poder de predicción de los plazos de estructura de las tasas de interés se había incrementado dramáticamente después de octubre de 1979.

Fama y Bliss²⁴ encontraron que las tasas de interés de largo plazo adelantadas tenían un poder de predicción de 2 a 4 años. Este poder de predicción lo atribuyen a la presencia de una reversión promedio en las tasas de interés sobre múltiples periodos de horizonte. De manera similar Campbell y Shiller²⁵ encontraron evidencia consistente con la hipótesis de que existe información útil en la estructura de plazo sobre la evolución futura de las tasas de interés.

En otros estudios se descubre evidencia del poder de predicción de las tasas de interés sobre las tasas de interés real futuras y las tasas de inflación futuras. Mishkin²⁶ examina tasas con fechas de vencimiento diferentes de 1 a 12 meses y llega a la conclusión de que la mayor

²³ Hardouvelis, Gikas A. (1988), "The predictive power of the term structure during recent monetary regimes", *Journal of Finance*, P. 339-356.

²⁴ Fama, E. y R. Bliss (1987), "The information in long maturity forward rates", *American Economic Review*, s. 680-692.

²⁵ Campbell, J., y R. J. Shiller (1987), "Cointegration and tests of present value models", *Journal of Political Economy*, P. 1062-1088.

²⁶ Mishkin, F. (1990), "What does the term structure tell us about future inflation?", *Journal of Monetary Economics*, P. 77-95.

parte de la información en tasas de interés adelantadas tienen una incidencia en las tasas de interés real futuras. En esta misma línea de investigación Fama²⁷ descubre que un incremento en el diferencial de tasas de interés de entre 1 y 5 años en los bonos del tesoro predice un incremento en las tasas de inflación para los siguientes 5 años, mientras que este mismo diferencial pronostica un decremento en las tasas de interés real para los años uno, dos y tres subsecuentes.

Toda esta evidencia es consistente con la hipótesis de que la pendiente de la curva de rendimientos tiene un poder de predicción en las tasas de interés real en el corto y mediano plazo, mientras puede predecir las tasas de inflación en el mediano y largo plazo, es decir de 2 a 5 años en el futuro.

En lo que respecta al poder de predicción del diferencial de tasas de interés sobre la actividad real, Laurent²⁸ realiza un estudio econométrico, en el cual fija como variable explicada a la tasa de crecimiento real del Producto Interno Bruto de los Estados Unidos y como variables explicativas rezagos de la tasa de crecimiento real y el diferencial de tasas entre la tasa de los bonos de 20 años y la tasa de los fondos federales, descubriendo que tanto los rezagos como el diferencial de tasas son positivos pero estadísticamente no significativos.

De su lado Harvey²⁹ examina las estructuras de plazo de las tasas de interés real *ex ante* como pronóstico del consumo real futuro en el contexto del modelo CCAPM (Consumption Capital Asset Pricing Model). El modelo CCAPM describe una relación entre la tasa de interés real y el crecimiento real del consumo en equilibrio que es independiente del rol de la política monetaria; pese a que el modelo CCAPM provee una explicación elegante de la relación entre la pendiente de la curva de rendimiento y el crecimiento del consumo futuro, no puede dar una explicación completa de la evidencia empírica.

²⁷ Fama, E. (1990), "Term-Structure forecasts of interest rates, inflation, and real returns", *Journal of Monetary Economics*, P. 59-76.

²⁸ Laurent, R. (1988), An interest rate-based indicator of monetary policy, *Federal Reserve Bank of Chicago*, P. 3-14.

²⁹ Harvey, C. R. (1988), "The real term structure and consumption growth", *Journal of Financial Economics*, P. 305-333.

Las deficiencias del modelo de Harvey llevaron a Kydland and Prescott³⁰ a construir un modelo del ciclo real de actividad (business cycle model) el cual generó una correlación positiva entre la tasa de interés real (rezagada y adelantada) y el producto real. La intuición detrás de la correlación generada por el modelo del ciclo de negocios es la misma que la mostrada por el modelo CCAPM, llamado consumption smoothing.

Los modelos del ciclo real de actividad son modelos generales (equilibrio general) que permiten que choque en la productividad afecten el precio de los activos. Por ejemplo, con un choque positivo esperado (futuro) de productividad se espera que incremente el producto futuro, el cual acarrea una tasa de interés real mayor ya que los agentes económicos substituyen consumo actual por consumo futuro. No obstante, no queda claro como Kyndland y Prescott relacionan la pendiente de la curva de rendimientos. Por lo tanto, la correlación negativa entre la tasa de interés contemporánea y la tasa de crecimiento futuro del producto parece contradecir la predicción básica del modelo del Kyndland y Prescott.

Para el caso de Canadá, Harvey³¹, utilizando un modelo de similares características, encuentra que la estructura a plazo, derivada del mercado de bonos, contiene información importante sobre la evolución de la actividad real.

Asimismo, Estrella y Hardouvelis³² realizaron un estudio para la economía de los Estados Unidos para el periodo 1955-1988, donde encuentran que la diferencia entre las tasas de los bonos de diez años y de tres meses de dicho país, ayuda a predecir cambios acumulados en el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) para un horizonte de cuatro años. Es importante mencionar que, con el fin de evitar sesgos en las tasas de interés, este último trabajo utilizó promedios trimestrales de dichas tasas.

³⁰ Kydland, F. E., y E. C. Prescott (1988), "The workweek of capital and its cyclical implications, *Journal of Monetary Economics*, P. 343-360.

³¹ Harvey, C. R. (1997), "The relation between the term structure of the interest rates and Canadian economic growth", *Canadian Journal of Economics*, P. 169-193.

³² Estrella, A., y G. A. Hardouvelis (1991), "The term structure as a predictor of real economic activity", *The Journal of Finance*, P. 555-576.

Los resultados de Estrella y Hardouvelis sugieren que la pendiente de la curva de rendimientos pronostica el ritmo de actividad económica futura. Una definición similar de las variables es empleada por Kim y Limpaphayon³³ quienes, para el caso de Japón, encuentran que con la estructura a plazo de tasas de interés pueden predecir el crecimiento del producto doméstico durante el período 1984-1991, pero no durante el período 1975-1983.

Estrella y Mishkin³⁴ muestran que para el corto plazo los indicadores líderes y el PIB rezagado son los mejores predictores de la actividad económica futura a pesar de que su nivel de significancia decrece significativamente en un horizonte de un año. Variables financieras como los índices accionarios y el *spread* de tasas de interés de los papeles comerciales exhiben un comportamiento similar al de los indicadores líderes mientras que la pendiente de la curva de rendimientos, en todos los horizontes de pronóstico, es capaz de predecir acertadamente la ocurrencia de una recesión económica. De acuerdo con los autores, los agregados monetarios nominales y reales no predicen la actividad económica. Así pues, incluyendo diferentes variables explicativas concluyeron que, en la mayoría de los casos, no mejora la capacidad de pronóstico del modelo, permitiendo así concluir que la pendiente de la curva de rendimientos es el mejor predictor disponible de la actividad económica.

Bosner-Neal y Morley³⁵ encuentran que la pendiente de la curva de rendimientos contiene información relevante para pronosticar la actividad económica futura. Sin embargo, el grado de importancia y la precisión de ésta variable varían de país a país. Así, por ejemplo, para el caso de Japón, el *spread* no tiene ninguna capacidad para anticipar los cambios futuros en producción. Para Australia, Países Bajos, Suecia, Suiza y Reino Unido, el *spread* de tasas de

³³ Arango, L. E., L. A. Flórez y A. M. Arosemena (2005), "El tramo corto de la estructura a plazo como predictor de expectativas de la actividad económica en Colombia", *Cuadernos de Economía*, Mayo, P. 79-101.

³⁴ Estrella, A. y G. Mishkin (1995), "Predicting U.S. recession: financial variables as leading indicators", *NBER Working Paper Series*, No. 5379.

³⁵ Bosner-Neal, C., y T. R. Morley (1997), "Does the yield spread predict real economic activity? A multicountry analysis", *Federal Reserve Bank of Kansas City* P. 37-53.

interés puede explicar hasta el 20% del crecimiento trimestral anualizado del PIB un año adelante, mientras que para Francia, Alemania, Italia y Estados Unidos, la curva de rendimientos explica entre un 25% y 40% del cambio porcentual del PIB del próximo año.

Bernard y Gerlach³⁶ analizan los casos de Bélgica, Canadá, Francia, Alemania, Japón, Países Bajos, Reino Unido y Estados Unidos. Sus estimaciones permiten concluir que, a nivel general, la pendiente de la estructura a plazo es un indicador útil de la actividad económica futura en horizontes de 2, 3 y 4 trimestres. Sin embargo, los resultados sugieren diferencias importantes entre países.

Así, entre los distintos trabajos anteriormente citados, se observa que hay una relación positiva entre la pendiente de la curva de rendimiento y el desempeño del sector real de la economía. La literatura reciente sobre este tema ha sido ampliada para tratar de comprender los factores que generan tal relación positiva.

En dicha vertiente destacan Hamilton y Kim³⁷, quienes encuentran que ambos factores son útiles para predecir el crecimiento del PIB en los Estados Unidos. Dichos autores utilizan la metodología de factores afines para determinar que la volatilidad de la tasa de interés al final de una expansión podría explicar la razón por la cual, tanto el diferencial de tasas como la prima de tasas disminuyen, generando así una relación positiva entre el diferencial y el ciclo económico.

Hamilton y Kim argumentan que la relación positiva entre los diferenciales de tasas y la actividad económica futura puede explicarse tanto en términos del papel de dicho diferencial como de una señal de las tasas de interés futuras esperadas (efecto de expectativas) como en términos de una señal del cambio en los premios al riesgo en el tiempo (efecto de estructura de premios o Hábitat preferido).

³⁶ Bernard H. y S. Gerlach (1996), "Does the term structure predict recession?: the international evidence, *BIS Working Papers*, No. 37.

³⁷ Hamilton, J. D. y D. H. Kim (2002), "A reexamination of the predictability of economic activity using the yield spread", *NBER*, P. 2-27.

El efecto de expectativas sugiere que una contracción (expansión) monetaria que aumente (reduzca) temporalmente la tasa de interés de corto plazo aumentará (reducirá) en menor medida las tasas de largo plazo, es decir, *aplana (ensancha)* la pendiente de la estructura de tasas. Una contracción (expansión) monetaria eventualmente también disminuye (incrementa) el gasto en sectores de la economía que son sensibles a las tasas de interés, provocando una desaceleración (aceleración) de la actividad económica. Por lo tanto, la relación positiva entre el diferencial de tasas y el crecimiento de la actividad económica futura resulta de la hipótesis de expectativas de la estructura de tasas y de la influencia temporal de la política monetaria.

A su vez, el efecto de estructura de premios sugiere que la estructura de tasas refleja los riesgos asociados a inversiones alternativas (al menos parcialmente). Por ejemplo, si las tasas de interés se vuelven más volátiles al final de una expansión, esto podría reducir el diferencial de tasas, ya que la volatilidad cíclica produce un cambio en el premio al riesgo. Por lo tanto, estos cambios en los premios al riesgo modifican las decisiones de inversión y, nuevamente, el crecimiento económico futuro a través de un canal distinto, pero que también resulta congruente con una correlación positiva entre ambas variables.

Otros autores han continuado con esta línea de investigación, entre ellos se encuentran Ang³⁸ y Favero³⁹. En particular Ang utiliza componentes principales del nivel y la pendiente de la curva de rendimiento y un factor macroeconómico (el crecimiento trimestral del PIB), para estimar un VAR en la muestra completa y así proyectar los valores esperados de la tasa de corto plazo. Dichos autores encuentran que el término de expectativas es el único responsable del poder predictivo del diferencial. Por otro lado, Favero en lugar de utilizar la información de la muestra completa estima una serie de VAR, a partir de una submuestra inicial agregando en cada iteración una observación más, es decir, estimación recursiva, para

³⁸ Ang, A., M. Piazzesi y M. Wei (2006), "What does the yield curve tell us about GDP growth?", *Journal of Econometrics*, P.359-403.

³⁹ Favero, C. A., I. Kaminska y U. Söderström (2005), "The predictive power of the yield spread: Further evidence and a structural interpretation", *CEPR Discussion Papers*, P. 32.

pronosticar las tasas esperadas de corto plazo. Con esta metodología, una vez que se incluye la postura de la política monetaria y la inflación, es el término de la prima de tasas el que genera el poder de pronóstico del diferencial.

En un estudio más reciente Mehl⁴⁰ en sus investigaciones realizadas para economías industrializadas y 14 países emergentes encuentra que el rol del diferencial de tasas de rendimiento ha sido cuestionado fuertemente en años recientes, sobre todo para la economía Norteamericana. No obstante, se muestra evidencia de que la curva de rendimiento (incluido Estados Unidos) puede aun ser de utilidad para propósitos de pronóstico, y quizás más importante para procesos de integración financiera internacional.

Los resultados encontrados por Mehl para el caso de 14 economía emergentes, México incluido, muestran que la curva de rendimientos tiene información de predicción sobre variables reales. Para dichas economías la curva del diferencial de tasas de interés posee información genuina para pronosticar la inflación futura en tiempo real. Adicionalmente, para una cuarta parte de la muestra de países se encontró que la curva de rendimientos contiene información para pronosticar el crecimiento de la producción industrial.

Para un número de economías se constató que para un horizonte de 6 meses los datos son estadísticamente significativos. Asimismo, el documento de Mehl muestra que para el caso de Estados Unidos y los países de la zona Euro la pendiente de la curva del diferencial es una mejor herramienta de predicción que para el caso de las economías emergentes.

Cabe mencionar que existen poco estudios enfocados en el análisis de economías emergentes, aspecto que puede deberse a la falta de desarrollo de sus mercados financieros⁴¹. Entre los estudios se encuentran⁴² casos para Costa Rica, Chile, Colombia y para varias economías emergentes. En el caso de Chile, el diferencial de tasas tiene cierto

⁴⁰ Mehl, A. (2006), "The yield curve as a predictor and emerging economies", *European Central Bank*, P. 54.

⁴¹ Cerecero, M.R., Cavazos, D. S. y Banda, H. S. (2009), "La curva de rendimiento y su relación con la actividad económica: una aplicación para México". *Monetaria* P. 297-357.

⁴² Idem.

poder para predecir las fluctuaciones del Indicador Mensual de Actividad Económica (IMACEC) del Banco Central de Chile, pero que esta relación es dinámicamente estable sólo cuando se considera un horizonte de 12 meses. También detecta evidencia de que no son los diferenciales de tasas nominales ni reales, sino el nivel de la tasa de interés real de corto plazo, frecuentemente asociada con la postura actual de la política monetaria, la variable que explica un mayor porcentaje de la volatilidad del IMACEC.

Para México, González⁴³ estiman la relación entre el cambio en el diferencial entre las tasas de interés y, alternativamente, cambios en inflación, producción industrial, tipo de cambio nominal e importaciones con datos de 1991 a 1997. En el caso de la actividad económica, estos autores encuentran, sorprendentemente, que esta relación sólo es significativa en el período comprendido entre enero de 1995 y diciembre de 1997 que corresponde a una situación de gran volatilidad económica.

Para México, Mehl utiliza la tasa de los bonos a tres años y de los certificados de la Tesorería (CETES) a 91 días para el periodo 1995-2005; encuentra que la curva de rendimiento doméstica contiene información en la muestra utilizada en horizontes tanto de corto como de largo plazo. Además, obtiene que en México la información proporcionada por la curva de rendimiento no es estable para predecir el crecimiento de la actividad industrial ya que los coeficientes estimados cambian de signo a través de los horizontes. Por otro lado, para el crecimiento de la producción industrial, los resultados sugieren que la incorporación de la pendiente de la curva de rendimiento a un proceso autorregresivo simple sí mejora el pronóstico fuera de muestra.

Con respecto a la relación de la curva de rendimiento de Estados Unidos, ésta explica gran parte de la variación de la pendiente de la curva de México. Finalmente, comprueba para el caso mexicano que en efecto la pendiente de la curva de rendimiento doméstica tiene cierto poder de predicción sobre la inflación y la producción, tanto para el corto plazo como para

⁴³ González, J. G., R. W. Spencer y D. T. Walz (2000), "The term structure of interest rates and the Mexican economy", *Contemporary Economic Policy*, P. 284-189.

horizontes más largos. Sin embargo, los periodos de alta volatilidad inflacionaria y las crisis económicas perturban el poder de predicción de la misma.

Por su parte, el análisis que presentan Castellanos y Camero⁴⁴, para el periodo comprendido entre 1985 y 2000, muestra que el diferencial es significativo en horizontes de hasta 18 meses en adelante, aunque el poder de predicción es mejor en horizontes menores a 6 meses. Dichos autores emplean el Índice de Producción Industrial (IPI), para medir la tasa de crecimiento de la actividad económica, mientras que para el diferencial de las tasas utiliza los CETES de vencimiento a 28, 91, 182 y 364 días. Sobre los efectos de diferentes grados de liberalización de los mercados financieros y regímenes cambiarios durante el periodo de análisis, verifican a través de pruebas de Chow y de coeficientes recursivos, obteniendo dos submuestras de estudio 1985-1994 y 1996-2000, que mejoran significativamente los resultados respecto de la muestra completa.

Posteriormente, en el mismo documento, Castellanos y Camero, utilizan como referencia un modelo autorregresivo para probar si la estructura de tasas provee información adicional sobre el crecimiento de la actividad económica futura, a la contenida en los rezagos de ésta. Se observa que la significancia de los coeficientes asociados a la estructura de tasas, al incluir los rezagos, se mantiene o se incrementa. Es así, como concluyen que los diferenciales de tasas de interés proveen señales útiles del desempeño de la economía hasta 18 meses adelante, aunque el poder de predicción es mejor en horizontes menores a seis meses.

Por último, otra vertiente de la literatura trata sobre la capacidad de la pendiente de la curva de rendimiento para estimar la probabilidad de una recesión futura. Este es el caso de Estrella-Hardouvelis y Estrella-, para economías en desarrollo; y Castellanos-Camero para México. En general, se ha encontrado que utilizar la curva de rendimiento para anticipar eventos recesivos tiene un mayor poder de pronóstico que cuando se utiliza para realizar una

⁴⁴ Castellanos, S. G., y E. Camero (2003), "Estructura temporal de tasas de interés en México: ¿Puede ésta predecir la actividad económica futura?", *Revista de Análisis Económico*, P. 33-66.

estimación de crecimientos puntuales de la actividad económica. Lo anterior podría sugerir que, aún cuando el poder predictivo de la curva de rendimiento ha disminuido su capacidad de prever tasas de crecimiento puntuales, este instrumento puede ser útil para estimar movimientos importantes en la evolución de la actividad económica real.

Como se ha mencionado a lo largo del presente capítulo, tanto estudios teóricos como empíricos realizados a lo largo de distintas épocas muestran que existe en menor o en mayor medida un poder de predicción del *spread* de tasas de interés sobre variables económicas nominales y reales, entre las que destacan (evidentemente) el crecimiento económico de la economía medido a través del Producto Interno Bruto, los niveles de consumo, la inflación y los mismos niveles de tasas de interés nominales y reales.

Evidencia teórica, pero principalmente práctica, que se pretende contrastar para el caso de la economía mexicana bajo el nuevo ambiente y desarrollo de la economía mundial; es decir, en un espacio en el que la crisis *subprime* quizás modificó los paradigmas económicos-financieros actuales.

Capítulo 2. Revisión a la teoría econométrica

Introducción

Las investigaciones y pruebas realizadas para probar el poder de predicción que ejerce la curva de rendimiento de tasas de interés sobre el crecimiento económico tuvieron como herramienta de análisis técnicas econométricas. Con el fin de llevar a cabo el propio análisis y las pruebas estadísticas que nos permitan probar nuestra hipótesis de que el *spread* de tasas de interés se anticipa al crecimiento de variables económicas reales, en el presente capítulo hacemos una breve revisión sobre la literatura econométrica, poniendo énfasis en el modelo de Regresión Lineal Múltiple.

2.1) Definición de Econometría

En términos literales econometría significa “medición económica”. Sin embargo, si bien es cierto que la medición es una parte importante de la econometría, el alcance de esta disciplina es mucho más amplio, como se deduce en la siguiente cita:⁴⁵

“La econometría, resultado de cierta perspectiva sobre el papel que desempeña la economía, consiste en la aplicación de la estadística matemática a los datos económicos para dar soporte empírico a los modelos construidos por la economía matemática y obtener resultados numéricos”.

En relación a la metodología econométrica predomina la tradicional o clásica,⁴⁶ que en términos generales se ajusta a los siguientes lineamientos: 1) Planteamiento de la teoría o de la hipótesis; 2) Especificación del modelo matemático de la teoría; 3) Especificación del modelo econométrico o estadístico de la teoría; 4) Obtención de datos; 5) Estimación de los

⁴⁵ Gujarati, D. N. y D. C. Porter. “Econometría” Mc Graw Hill, 5ta edición 2010 P. 1-3

⁴⁶ Idem.

parámetros del modelo econométrico; 6) Pruebas de hipótesis; 7) Pronóstico o predicción; y finalmente, 9) Utilización del modelo para fines de control o de políticas.

Por su parte, la econometría se divide en dos categorías, la econometría teórica y la econometría aplicada. En cada categoría se puede tratar la materia según la tradición clásica o la bayesiana, destacando en este apartado el enfoque clásico.

La econometría teórica se relaciona con la elaboración de métodos apropiados para medir las relaciones económicas especificadas por los modelos econométricos. En este contexto, un método muy popular es el de mínimos cuadrados ordinarios (MCO); este método es el más común en el análisis de regresión, sobre todo por ser mucho más intuitivo y matemáticamente más sencillo que otros métodos, como el de máxima verisimilitud.

En el caso de la econometría aplicada, se utilizan herramientas de la econometría teórica para estudiar algunos campos especiales de la economía y de los negocios, como las funciones de oferta y demanda, la teoría de portafolios entre otras.

Así pues, el análisis de regresión trata del estudio de la dependencia de una variable (variable dependiente) respecto de una o más variables (variables explicativas) con el objetivo de estimar o predecir la media o valor promedio poblacional de la primera en términos de los valores conocido o fijos (en muestras repetidas) de las segundas.⁴⁷ De esta manera, cuando se estudia la relación que existe entre una variable dependiente y varias variables independientes damos forma a un modelo de regresión lineal múltiple.

⁴⁷ Idem P.15

2.2) Modelo de Regresión Lineal Múltiple

Se observa una muestra aleatoria de datos de la forma:

$$\{w_1, w_2, \dots, w_n\}$$

Donde cada w_i es un vector de datos para la observación i y n es el tamaño de la muestra. Si $\{w_i\}$ son datos sobre diferentes individuos tomados en un momento en el tiempo, entonces la hipótesis de que los son independientes e idénticamente distribuidos (i.i.d) es razonable. En este caso la muestra es aleatoria.

En el caso de la regresión consideremos la partición de w_i siguiente:

$$w_i = (y_i, x_i)$$

Donde x_i es un vector)

$$y_i \in R \text{ et } x_i \in R^k$$

Entonces se interesa en describir el movimiento de la variable y_i (variable explicada) en función de los movimientos de las variables x_i (variables explicativas o regresores).

Por su parte el modelo de regresión lineal restringido bajo la forma de $m(x_i)$:

$$\begin{aligned} m(x_i) &= \beta_1 + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \dots + \beta_k x_{ki} \\ &= x_i' \beta \end{aligned}$$

Donde

$$x_i' = (1, x_{2i}, \dots, x_{ki})$$

Es un vector aleatorio $1 \times K$ con elemento j dado por x_{ji} y;

$$\beta = \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{pmatrix}$$

Un vector $k \times 1$ de constantes.

De esta manera consideramos el modelo

$$y_i = x_i' + e_i$$

Este modelo es lineal en relación a los parámetros, sin embargo se permiten no linealidades para las variables explicativas y explicadas.

Al término e_i se le denomina perturbación aleatoria, porque perturba la que, de otra manera, sería una relación determinística estable. La perturbación aleatoria aparece por varias razones. La primera razón consiste en que no se puede esperar captar toda la influencia de una variable económica en un modelo, por muy elaborado que este sea. El efecto neto, que puede ser positivo o negativo, de estos factores omitidos es captado por la perturbación aleatoria.⁴⁸

En un modelo empírico existen otros muchos factores que contribuyen a la aparición de dicha perturbación. Probablemente el más importante de estos factores sean los errores de medida. Es fácil teorizar sobre relaciones entre variables definidas con precisión; otra cosa es obtener medidas precisas de estas variables.⁴⁹

⁴⁸ Green, W. H. "Análisis Econométrico", Prentice Hall, 3era Edición, España 1999. P. 194.

⁴⁹ Idem. P.194

2.3) El estimador de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)

El objetivo es buscar el mejor estimador β . Los MCO estiman β de manera que pretende minimizar la suma del cuadrado de los residuos (SSR); es decir, minimiza la siguiente función:

$$\begin{aligned} SSR(\beta) &\equiv \sum_{i=1}^n e_i^2 \\ &= \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2 \end{aligned}$$

Como ejemplo consideremos el modelo de regresión lineal simple:

$$y_i = \beta_1 + \beta_2 x_i + e_i$$

Donde x_i es un escalar. Así pues, las condiciones de primer orden esta dadas por:

$$\begin{aligned} \frac{\partial SSR(\beta)}{\partial \beta_1} &= -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_1 - \beta_2 x_i) = 0, \\ \frac{\partial SSR(\beta)}{\partial \beta_2} &= -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_1 - \beta_2 x_i) x_i = 0. \end{aligned}$$

Despejando -2 estas ecuaciones se pueden plasmar de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n y_i - n \hat{\beta}_1 - \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_i &= 0 \\ \sum_{i=1}^n y_i x_i - \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_i - \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_i^2 &= 0 \end{aligned}$$

O de manera matricial como:

$$\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n y_i x_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_i \\ \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \end{bmatrix}$$

Si consideramos que:

$$x'y = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n y_i x_i \end{bmatrix}$$

$$x'x = \begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_i \\ \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 \end{bmatrix}$$

Rescribiendo tenemos que:

$$X'y = X'X\hat{\beta}$$

Bajo el supuesto de que $(X'X)^{-1}$ existe, podemos multiplicar por la izquierda la ecuación anterior por $(X'X)^{-1}$, donde obtenemos:

$$(X'X)^{-1} X'y = (X'X)^{-1} (X'X)\hat{\beta}$$

Despejando llegamos a:

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1} X'y$$

Esta misma lógica se aplica para el modelo de regresión lineal múltiple. Ahora bien cabe aclarar que $(X'X)^{-1}$ existe si y solo si $\text{rang}(X)=k$, lo que quiere decir que el determinante de $(X'X)$ es diferente de cero. Esta es la única condición para poder calcular los MCO. Para

establecer si los MCO son una buena o mala elección, debemos hacer hipótesis suplementarias sobre el término de error, las cuales veremos más adelante.

Por su parte, las condiciones de primer orden muestran que:

- La suma de los residuos es cero, esto en el caso de que el modelo contenga una constante;
- La covarianza muestral entre los residuos y cada una de las variables explicativas es cero; es decir, los residuos son ortogonales a los regresores.

$$\widehat{Cov}(x_{ji}, \hat{e}_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ji} - \bar{x}_j) (\hat{e}_i - \bar{\hat{e}}) = 0$$

2.4) Hipótesis del modelo de regresión lineal clásico

El modelo clásico de regresión lineal se basa en un conjunto de supuestos sobre la manera como se generan los datos a través de un proceso subyacente “generador de datos”. La teoría normalmente especificará una relación determinística y precisa entre la variable dependiente y las variables independientes. Los supuestos del modelo hacen referencia a las siguientes cuestiones:⁵⁰

- Linealidad: $y=X\beta+e$.

Dentro del contexto de la regresión, la linealidad hace referencia a la manera en que los parámetros y las perturbaciones entran a formar parte de la ecuación y no necesariamente a la relación entre variables.

- Rango completo: $rang(X)=k$.

⁵⁰ Idem. P. 197

Significa que X tiene rango de columna completo; las columnas de X son linealmente independientes, y hay al menos K observaciones. Este supuesto se conoce como **condición de identificación**. Si el número de observaciones es menor que K , entonces X no puede tener un rango completo; por tanto, n debe ser al menos del mismo tamaño que K .

- Exogeneidad estricta: $E(e_i | x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{kj}) = 0$ para $i, j = 1, \dots, n$.

Este supuesto de la medida condicionada afirma que las observaciones en x no conllevan información sobre el valor esperado de la perturbación. También supone que las perturbaciones no contienen información sobre otras perturbaciones.

- Errores o perturbaciones esféricas:

$$E(e_i^2 | X) = \sigma^2$$
$$\text{et } E(e_i e_j | X) = 0$$

Este supuesto hace referencia a las varianzas y covarianzas de las perturbaciones. La varianza constante es conocida como homocedasticidad; en tanto que la incorrelación entre observaciones es conocida genéricamente como no autocorrelación.

Una vez definidos y identificados las hipótesis señaladas anteriormente, procedemos a la demostración, de la confiabilidad del método de MCO.

Así pues, si $E(e | X) = 0$, la matriz de varianza-covarianza del término de error e condicional a X está dada por:

$$\begin{aligned} \Sigma &= \text{var}(e | X) \\ &= E[(e - E(e | X))(e - E(e | X))'] \\ &= E(ee' | X), \end{aligned}$$

La matriz ee' se obtienen de la siguiente manera:

$$ee' = \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_n \end{pmatrix} (e_1 e_2 \cdots e_n)$$

$$= \begin{pmatrix} e_1^2 & e_1 e_2 & \cdots & e_1 e_n \\ e_2 e_1 & e_2^2 & \cdots & e_2 e_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_n e_1 & e_n e_2 & \cdots & e_n^2 \end{pmatrix}$$

Tenemos bajo la hipótesis de errores esféricos tenemos que:

$$E(e_i^2 | X) = E(e_i^2 | x_i) \equiv \sigma^2$$

De la misma manera para toda i diferente de j tenemos que $E(e_i e_j | X) = 0$, por lo tanto obtenemos la siguiente ecuación:

$$\Sigma = E(ee' | X) = \begin{pmatrix} \sigma^2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sigma^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \sigma^2 \end{pmatrix} = \sigma^2 I_n$$

Finalmente, para establecer que los estimadores obtenidos a través del método de MCO son eficientes hacemos algunas pruebas sobre el sesgo de los parámetros. Esto es, el sesgo de $\hat{\beta}$, un estimador de β , está definido como la diferencia entre la esperanza del estimador y el verdadero valor del parámetro:

$$\text{Sesgo} = E(\hat{\beta}) - \beta$$

Por lo que si $y = X\beta + e$ tenemos que:

$$\begin{aligned}\hat{\beta} &= (X'X)^{-1} X'y \\ &= (X'X)^{-1} X'(X\beta + e) \\ &= (X'X)^{-1} X'X\beta + (X'X)^{-1} X'e \\ &= \beta + (X'X)^{-1} X'e\end{aligned}$$

Entonces

$$\hat{\beta} - \beta = (X'X)^{-1} X'e$$

Lo cual nos lleva a concluir que, según las hipótesis anteriormente citadas, $E(\hat{\beta} - \beta | X) = 0$ al mismo tiempo que $E(\hat{\beta}) = \beta$, esto se deriva de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}E(\hat{\beta} - \beta | X) &= E((X'X)^{-1} X'e | X) \\ &= (X'X)^{-1} X'E(e | X) \\ &= 0.\end{aligned}$$

Lo que implica que por la ley de esperanzas iteradas:

$$E(\hat{\beta}) = E(E(\hat{\beta} | X)) = E(\beta) = \beta.$$

Que el estimador de MCO es un estimador no sesgado; asimismo, bajo el teorema de Gauss-Markov, se establece que el estimador obtenido a través de MCO es más eficaz que cualquier otro estimador lineal no sesgado, por lo que se concluye que $\hat{\beta}$ es the Best linear Unbiased Estimator⁵¹.

⁵¹ Green W., Análisis econométrico, 5 edición.

Como hemos comprobado, a través de la técnica de MCO se obtienen los mejores estimadores que se ajustan a los datos; eso es relevante para nuestro trabajo ya que empleando la metodología econométrica comprobaremos, sin temor de generar conclusiones falsas, la hipótesis de que la pendiente de la curva de rendimiento de tasas de interés tiene un poder de predicción sobre el crecimiento de la economía mexicana.

Capítulo 3: Estrategia, Datos, Metodología y Resultados

Introducción

Una vez revisada la literatura teórica y empírica junto con la herramienta de econometría; en este capítulo realizamos las pruebas estadísticas, descriptivas y econométricas que fundamentan la relación que existe entre la variación del crecimiento económico y la curva de rendimiento de tasas de interés para una muestra de 16 años. Lapso de tiempo que comprende, evidentemente, los años 2008 y 2009; periodo donde se registró una de las mayores crisis económicas globales de la historia humana.

Siguiendo la lógica econométrica de que los estimadores de la variable independiente, es decir el diferencial de tasas de interés, deben ser positivos y estadísticamente significativos, se prueba el poder de predicción que tiene esta última sobre las distintas variables dependientes, las cuales están representadas por el Indicador Global de la Actividad Económica (IGAE), el IGAE del sector servicios y el Índice de Producción Industrial de México.

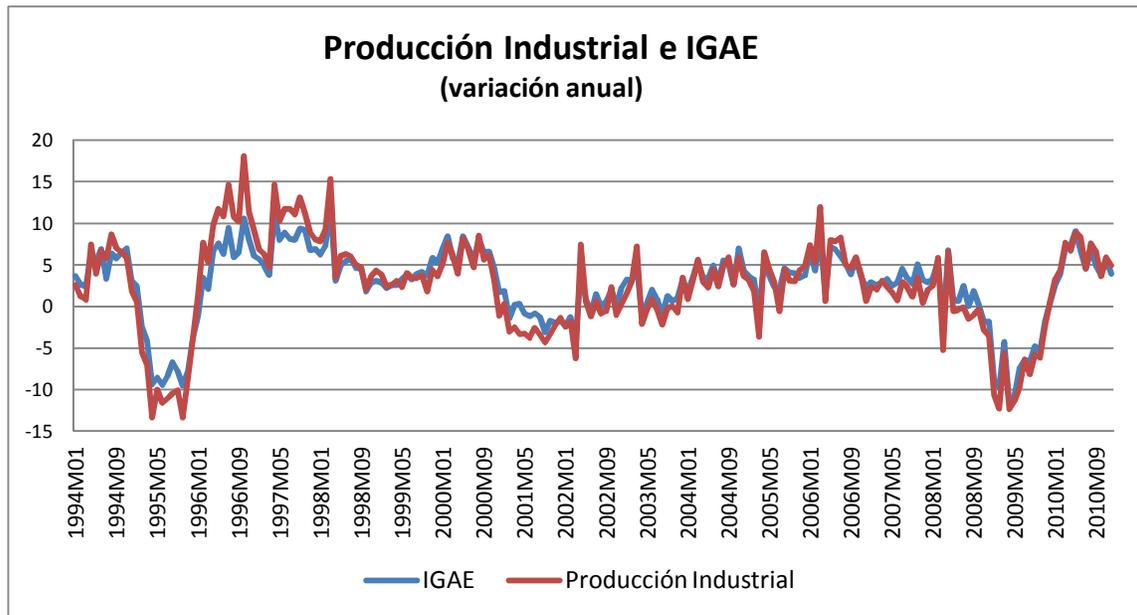
Así pues, intentamos rechazar la hipótesis nula de que el diferencial de tasas de interés NO tiene un poder de predicción sobre el crecimiento económico de México.

3.1) Descripción de la curva de rendimiento y el crecimiento económico de México 1994-2010.

El objetivo de este trabajo se concentra en encontrar una relación entre la diferencia de los extremos de tasas de interés y el nivel del crecimiento de la actividad económica expresado por las variables del Índice de Global de Actividad Económica (IGAE), el IGAE del sector servicios (Serv) y el Índice de Producción Industrial (IPI), tanto en series originales como para los valores en series desestacionalizadas, para el periodo que comprende los años entre

1994 y 2010. Indicadores que reflejan fielmente los ciclos económicos de la economía mexicana, como se puede observar en la gráfica 3.

Gráfica 3.



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

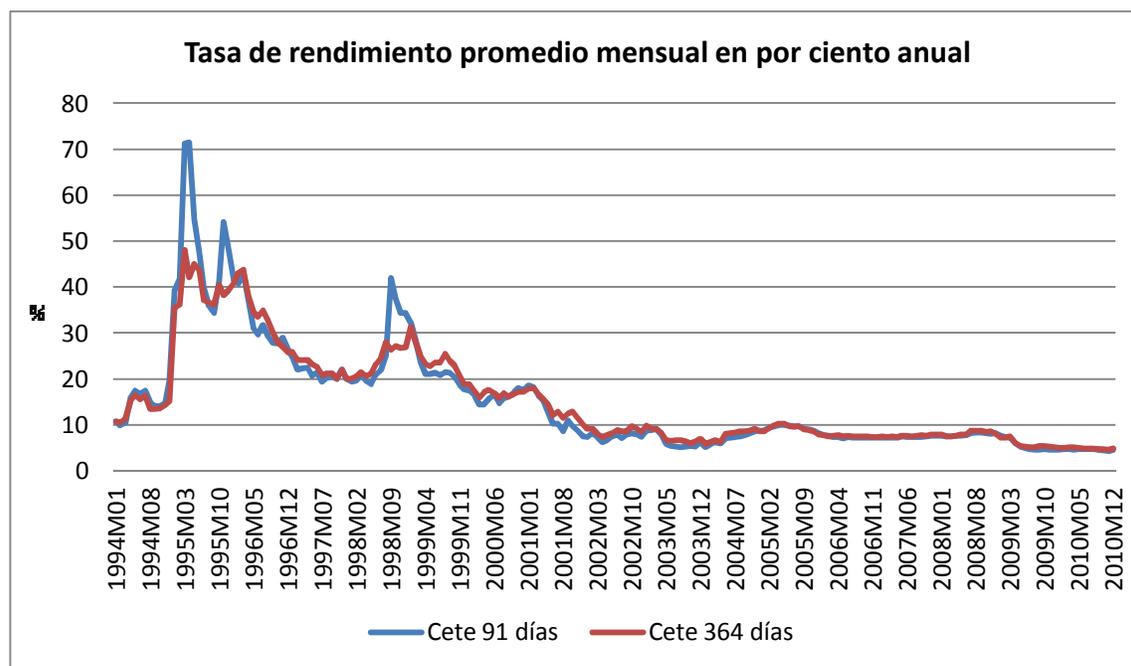
Se utilizaron estos indicadores debido a que se pueden obtener con una frecuencia mensual lo cual permite tener un horizonte más amplio para las estimaciones econométricas. Asimismo, estos indicadores, por construcción, reflejan de manera apropiada el nivel de actividad económica representado por el Producto Interno Bruto (PIB) que tiene una frecuencia trimestral.

En el caso del IGAE, el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) construye el indicador de tal manera que, según mis cálculos, el coeficiente de correlación de la tasa de crecimiento del promedio trimestral con el valor de crecimiento del PIB trimestral asciende a 98% para el periodo de estudio. En el caso del IGAE del sector servicios la relación de correlación es similar con el PIB de dicho sector.

Por su parte, el Índice de Producción Industrial está compuesto por el volumen real de producción obtenida de los sectores minero, manufacturero, de la construcción y de generación de electricidad, gas y agua, actividades que representan en promedio poco menos de una tercera parte del PIB total mexicano.

Para el caso del spread de tasas de interés, se utilizó el valor de la tasa de rendimiento promedio mensual en por ciento anual del valor de los Certificados de Tesorería de la Federación (Cetes) para los periodos de maduración de 364 y 91 días respectivamente, entre los años 1994 y 2010. En el caso de los Cetes a 364 días existieron 9 meses donde no se cotizó el plazo de vencimiento, con lo cual para resolver el problema de escasez de información utilizamos el promedio móvil mensual a dos periodos para estimar dichos datos.

Gráfica 4.



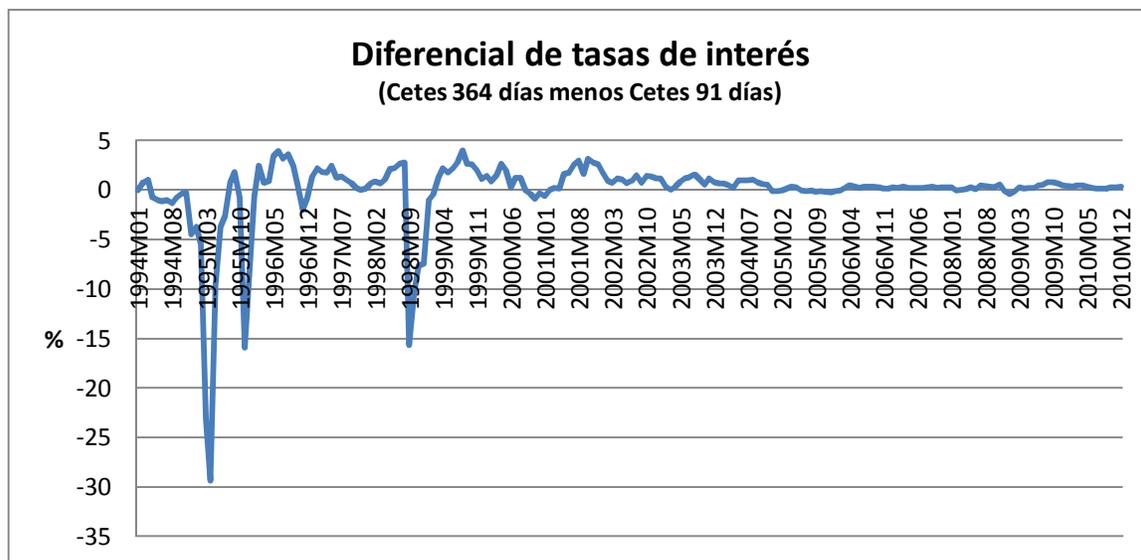
Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

Se utilizó la tasa de CETES a 364 y 91 días debido a que son instrumentos que cuentan con un mercado bien estructurado y por lo tanto existen series de datos para el periodo que se prueba en este documento. No es posible establecer una relación con otros instrumentos de

rendimiento debido a lo esporádico o escasez de la información, siendo las tasas de los CETES el instrumento óptimo para esta investigación, como se muestra en la gráfica 4.

La curva de rendimiento de tasas de interés mostró entre 1994 y el año 2000 grandes variaciones, correspondientes principalmente al periodo de crisis de 1995. Posterior al año 2002 la curva de rendimiento entró en una fase donde el diferencial de tasas de interés disminuyó, haciendo prácticamente equivalentes a la tasa de largo con la de corto plazo, como se muestra en la gráfica 5.

Gráfica 5.



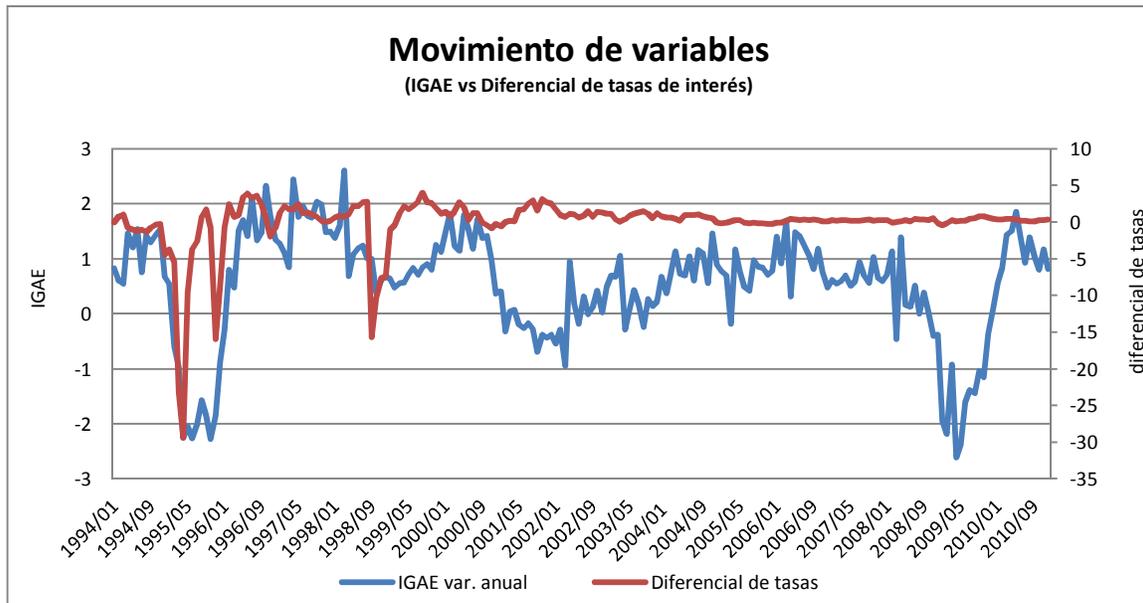
Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de México (BANXICO).

En cuanto a la relación descriptiva de la curva de rendimiento con la variable del IGAE se observa que el diferencial de tasas comenzó a registrar persistentemente números negativos a partir del mes de Agosto de 1993; no obstante tomando en cuenta nuestro periodo de estudio, el spread negativo registró una duración neta de 20 meses a partir del mes de enero de 1994. En lo que concierne al crecimiento de la actividad económica interpretado por el IGAE, las tasas de crecimiento negativas se comenzaron a dar hasta el mes de febrero de 1995 con una duración de 12 meses, véase gráfica 6.⁵²

⁵² Distinguir bien los ejes de la “y”, ya que uno corresponde al IGAE y otro al diferencial.

Trejo Nava Ricardo

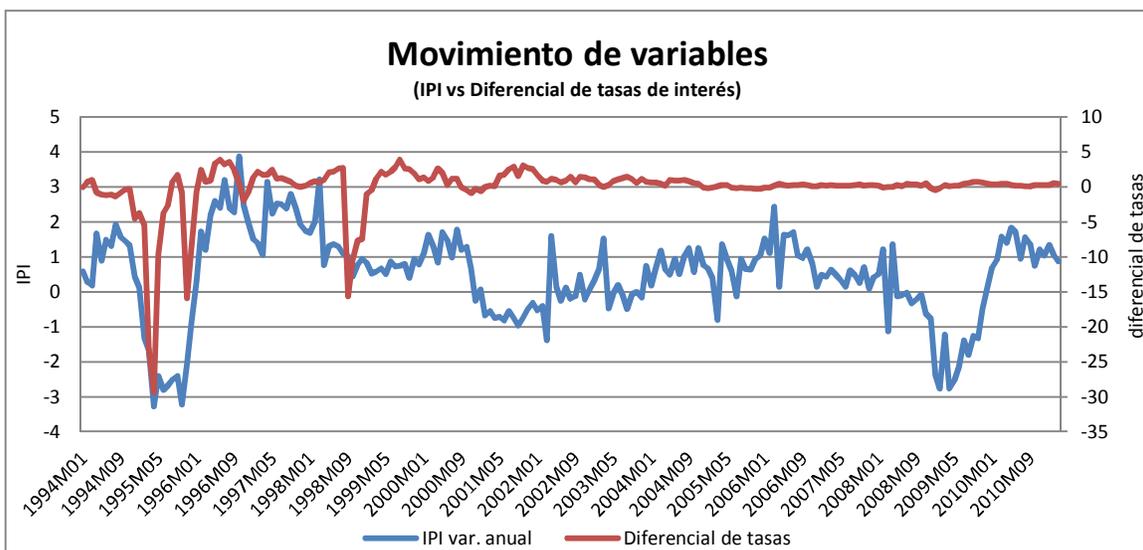
Gráfica 6.



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI y BANXICO.

Así pues, si tomamos en cuenta el spread negativo desde Agosto de 1993, a reserva de las pruebas econométricas que veremos más adelante, existe una anticipación respecto del comportamiento negativo del IGAE de 18 meses. Para el caso del IGAE del sector servicios y del IPI la conclusión es similar, como se puede observar en la gráficas 7 y 8.

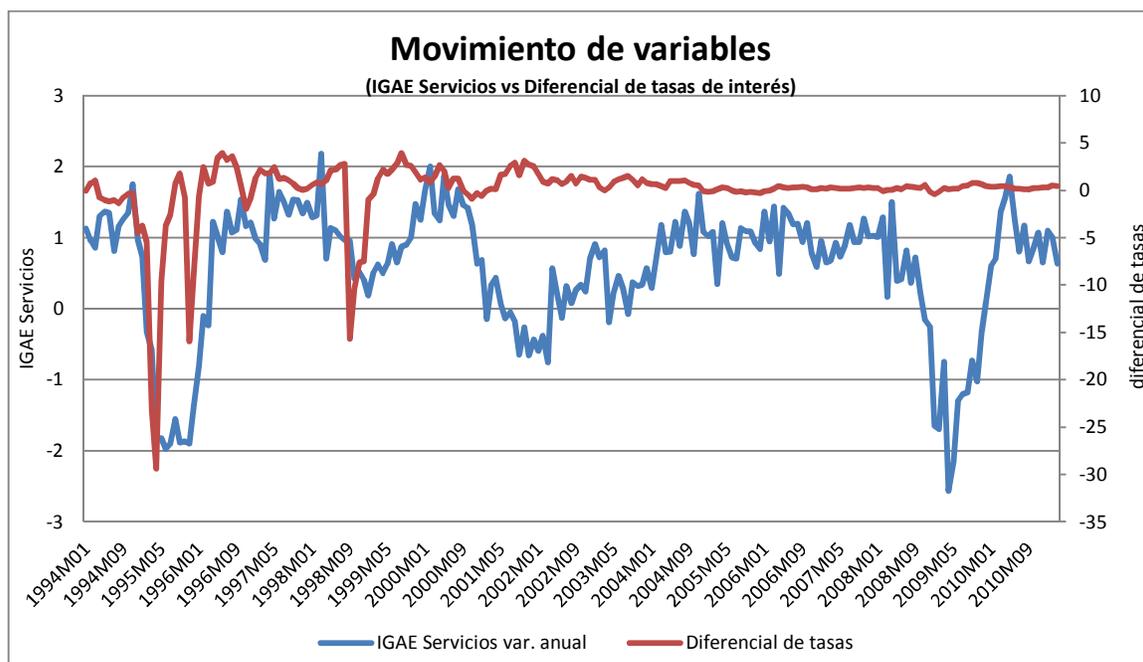
Gráfica 7.



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI y BANXICO.

En el caso de la recesión derivada de la burbuja tecnológica y que afectó indudablemente a nuestro país, se observa por un periodo de 10 meses tasas de crecimiento negativo consecutivas en el IGAE a partir del mes de mayo de 2001. No obstante en el IPI el comportamiento negativo se muestra a partir del mes de febrero de 2001. En el caso del spread de tasas de interés, se observa un periodo negativo de 6 meses a partir del mes de septiembre del año 2000; de esta forma, el spread se anticipa a la recesión por un promedio de 9 y 6 meses al comportamiento del IGAE y del índice de producción industrial respectivamente.

Gráfica 8.



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI y BANXICO.

Continuando con la lógica de los ciclos en el diferencial de tasas, por un periodo de 9 meses a partir de junio de 2005 el spread de los CETES se vuelve negativo, sin embargo la actividad económica no se torna negativa en lo siguiente 40 meses, justo antes del comienzo de la crisis subprime. En este contexto, quizás el comportamiento negativo en el diferencial obedeció más a la incertidumbre política que a la incertidumbre económica.

Finalmente, en diciembre de 2008 el spread de tasas se hace negativo por breve periodo de tres meses; sin embargo, para esta muestra de estudio, dicho diferencial de tasas no anticipa la crisis económica ya que el IGAE comenzó a registrar tasas de crecimiento anual negativas a partir de noviembre de ese mismo año, es decir antes de que la curva de rendimientos se volviere negativa.

3.2) Metodología y Resultados

La metodología obedece principalmente a la estructura delineada por Hamilton y Kim⁵³ donde se usa la siguiente regresión econométrica para examinar el poder de predicción del diferencial de tasas de interés sobre la actividad económica real.

$$y_k^t = \alpha_0 + \alpha_1 Spread_t + \varepsilon_t$$

$$y_k^t = (1200/k) * (\ln Y_{t+k} - \ln Y_t)$$

Donde Y_{t+k} es cualquiera de los tres indicadores en el mes $t+k$, y_t^k es la tasa de crecimiento anual de los mismos para los próximos k meses, la cifra 1200 convierte las unidades a tasas de crecimiento porcentual anual. En el caso del diferencial de tasas para el tiempo t se define:

$$Spread_t = Cetes_t^{364} - Cetes_t^{91}$$

Donde $Cetes_t^{364}$ es la tasa de interés de los Cetes a un año, mientras que $Cetes_t^{91}$ es la tasa de corto plazo. Se estima la siguiente ecuación:

$$y_t^k = \alpha_0 + \alpha_1 Spread_t + \beta_1 y_{t-3}^1 + \beta_2 y_{t-6}^1 + \beta_3 y_{t-9}^1 + \beta_4 y_{t-12}^1 + \varepsilon_t$$

⁵³ Hamilton, J. D. y D. H. Kim (2002), "A reexamination of the predictability of economic activity using the yield spread". *NBER*.

La ecuación anterior incluye tasas de crecimiento de las respectivas variables tanto para los valores actuales y como para valores rezagados. Asimismo, se establece que a demás del diferencial de tasas de interés pueden existir otras variables que expliquen el rumbo de actividad económica, bajo estas aseveraciones se incluyó la siguiente ecuación:

$$y_t^k = \alpha_0 + \alpha_1 Spread_t + B' x_t + \varepsilon_t$$

Donde x_t es un vector de variables explicativas alternativas, que en el caso de nuestro estudio es únicamente la variable monetaria agregada M2.

Finalmente se realizaron pruebas de raíz unitaria para las series utilizadas, ello con el fin de corroborar que las variables cumplieran con los supuestos de procesos estacionarios o errores esféricos, tal como se demostró en el capítulo 2. Se utilizaron las pruebas de raíz unitaria Dickey-Fuller Aumentada y la prueba Phillips-Perron.⁵⁴

Para el análisis se efectuaron regresiones sobre diversas muestras. Con el fin de observar el comportamiento durante todo el periodo de estudio se incluyó una regresión para los años 1994-2010. Posteriormente, se realizó una regresión para los años comprendidos entre 1999-2008, ello con el fin de averiguar el comportamiento previo a la crisis *subprime*; finalmente se estimó el poder de predicción para los años 2000-2010, muestra en la cual se presenta el escenario de la crisis económica.

Debido a que el diferencial de tasas de interés se redujo considerablemente a partir de 1999, si realizó una estimación entre dicho año y 2008 con el objeto de halla el poder de predicción en épocas donde la volatilidad no fue muy grande, evidentemente por la alta variación en los mercados financieros quedaron excluidos los años 2009 y 2010.

⁵⁴ Se utilizó el paquete econométrico E-views para determinar el orden de integración de las series con el fin de que cumplieran con los supuestos de promedio cero y varianza constante en el termino de perturbación. Ver capítulo 2.

Una vez probada la hipótesis de que el diferencial de tasas de interés ejerce un poder de predicción sobre el crecimiento económico entre 1999 y 2008, se procedió a la muestra donde se anexaron los años de crisis, una vez más para comprobar la hipótesis central de esta tesis.

Para el periodo completo se halló que el diferencial de tasas de interés tiene un poder de predicción para un horizonte de hasta 9 meses para cada una de en las tres variables estudiadas. En el caso del índice de producción industrial solo se observa un poder de significancia para un horizonte de 6 meses en la serie ajustada por estacionalidad. Por su parte el IGAE del sector servicios muestra un poder de significancia de hasta 12 meses en el caso de la serie ajustada por estacionalidad, como lo data el siguiente cuadro.⁵⁵

Cuadro 1.

$$y_t^k = \alpha_0 + \alpha_1 Spread_t + \varepsilon_t \text{ (Muestra 1994-2010)}$$

Serie	Horizontes	$\hat{\alpha}_1^{IGAE}$	$\hat{\alpha}_1^{Serv}$	$\hat{\alpha}_1^{IPI}$
Original	3	0.090 ^b (0.018)	0.092 ^b (0.016)	0.105^b (0.023)
Original	6	0.081 ^b (0.018)	0.081 ^b (0.016)	0.096^b (0.024)
Original	9	0.041 ^b (0.019)	0.057 ^b (0.017)	0.025^b (0.024)
Original	12	-0.009 (0.019)	0.009 (0.017)	-0.034 (0.025)
Ajuste Estacional	3	0.090 ^b (0.017)	0.093 ^b (0.015)	0.106^b (0.022)
Ajuste Estacional	6	0.083 ^b (0.017)	0.083 ^b (0.015)	0.099^b (0.022)
Ajuste Estacional	9	0.046 ^b (0.018)	0.061 ^b (0.016)	0.031 (0.023)
Ajuste Estacional	12	-0.008 (0.018)	0.012^b (0.017)	-0.035 (0.023)

Superíndices a, b y c estadísticamente significativos al 1, 5 y 10 por ciento respectivamente.

⁵⁵ En el cuadro 1 la columna de horizontes se refiere a los meses adelantados, en tanto que el resto de las columnas se refieren los coeficientes estimados de la curva de rendimiento sobre las respectivas variables dependientes. Recordemos que el coeficiente de las variables independientes tiene que ser positivo y estadísticamente significativos para que se cumpla la hipótesis de poder de predicción. Los valores entre paréntesis son los errores estándar (perturbaciones) de los estimadores.

Cuando se analiza el periodo de 1999 a 2008, se observa que existe un poder de predicción del *spread* de tasas de interés de hasta 9 meses para todas las variables; sin embargo, en el caso del índice de producción industrial (serie original) el estadístico de prueba se reduce de un 95 a un 90 por ciento confiabilidad para poder rechazar la hipótesis nula de que el diferencial de tasa de interés no ejerce poder de predicción. Respecto a la serie del IGAE y la serie del IGAE del sector servicios, se vislumbra un poder de predicción de hasta 12 meses en ambas categorías de series, según los muestra el cuadro 2.

Cuadro 2.

$$y_t^k = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Spread}_t + \varepsilon_t \text{ (Muestra 1999-2008)}$$

Serie	Horizontes	α_1^{IGAE}	α_1^{Serv}	α_1^{IPI}
Original	3	0.018 (0.069)	-0.031 (0.066)	0.024 (0.085)
Original	6	0.139 ^c (0.018)	0.088 (0.079)	0.167^c (0.095)
Original	9	0.177 ^b (0.085)	0.147 ^c (0.082)	0.185^c (0.098)
Original	12	0.174 ^b (0.085)	0.170 ^b (0.083)	0.136 (0.100)
Ajuste Estacional	3	0.008 (0.062)	-0.046 (0.061)	0.023 (0.074)
Ajuste Estacional	6	0.111 (0.072)	0.060 (0.072)	0.134^c (0.083)
Ajuste Estacional	9	0.165 ^b (0.076)	0.136 ^c (0.076)	0.167^c (0.087)
Ajuste Estacional	12	0.186^b (0.077)	0.178^b (0.076)	0.154^c (0.088)

a,b,c estadísticamente significativos al 1, 5 y 10 por ciento respectivamente.

Finalmente para el periodo que abarca los años entre 2000 y 2010, NO es posible rechazar al 95 por ciento de confiabilidad la hipótesis nula de que el diferencial de tasas de interés NO ejerce un poder de predicción sobre el crecimiento económico. Si bien, en términos netos, solo se adhirió un año más respecto del periodo de análisis 1999-2008, no existe evidencia estadística de que el diferencial de tasas de interés tenga un poder de predicción anticipado a la caída observada en el indicador del IGAE durante 2009. Para ninguna de las series tanto en su versión original como en la versión de ajuste estacional se observa la existencia de una relación de poder de predicción, como se ve en el cuadro 3.

Cuadro 3.

$$y_t^k = \alpha_0 + \alpha_1 Spread_t + \varepsilon_t \text{ (Muestra 2000-2010)}$$

Serie	Horizontes	α_1^{IGAE}	α_1^{Serv}	α_1^{IPI}
Original	3	-0.024 (0.103)	-0.096 (0.098)	-0.003 (0.122)
Original	6	0.044 (0.103)	-0.027 (0.097)	0.091 (0.122)
Original	9	0.031 (0.102)	0.014 (0.097)	0.016 (0.122)
Original	12	0.013 (0.103)	0.039 (0.098)	-0.072 (0.123)
Ajuste Estacional	3	-0.036 (0.095)	-0.112 (0.091)	-0.009 (0.110)
Ajuste Estacional	6	0.038 (0.094)	-0.031 (0.091)	0.077 (0.109)
Ajuste Estacional	9	0.034 (0.094)	0.020 (0.091)	0.015 (0.110)
Ajuste Estacional	12	0.020 (0.094)	0.039 (0.091)	-0.055 (0.110)

a,b,c estadísticamente significativos al 1, 5 y 10 por ciento respectivamente.

Respecto a las pruebas econométricas con rezagos de 1 a 4 trimestres para el caso de la serie del IGAE, se encontró que para el periodo comprendido entre 1999 y 2008 hay evidencia de un poder de predicción del diferencial de tasas para un horizonte de hasta 12 meses; no obstante, el estadístico de prueba se reduce a un 90% de confiabilidad, Cuadro 4.

Cuadro 4.

$$y_t^k = \alpha_0 + \alpha_1 Spread_t + \beta_1 y_{t-3}^1 + \beta_2 y_{t-6}^1 + \beta_3 y_{t-9}^1 + \beta_4 y_{t-12}^1 + \varepsilon_t \text{ (Muestra 1999-2008)}$$

Serie	Horizontes	α_1	β_1	β_2	β_3	β_4
IGAE	3	0.116 ^c (0.066)	0.533 ^b (0.130)	0.199 (0.155)	-0.254 (0.154)	-0.128 (0.126)
IGAE	6	0.176 ^b (0.083)	0.619 ^b (0.161)	-0.263 (0.193)	-0.154 (0.192)	0.041 (0.156)
IGAE	9	0.181 ^c (0.092)	0.132 (0.179)	-0.110 (0.214)	0.024 (0.213)	-0.012 (0.174)
IGAE	12	0.175^c (0.093)	-0.056 (0.181)	0.060 (0.216)	0.011 (0.215)	-0.100 (0.176)

a,b,c estadísticamente significativos al 1, 5 y 10 por ciento respectivamente.

En línea con el resultado encontrado anteriormente, para el periodo que abarca los años 2000-2010, no se encontró evidencia de poder de predicción cuando se realiza el análisis con base al diferencial de tasas de interés y los valores rezagados de la serie del IGAE, ver cuadro 5.

Cuadro 5.

$$y_t^k = \alpha_0 + \alpha_1 Spread_t + \beta_1 y_{t-3}^1 + \beta_2 y_{t-6}^1 + \beta_3 y_{t-9}^1 + \beta_4 y_{t-12}^1 + \varepsilon_t \text{ (Muestra 2000-2010)}$$

Serie	Horizontes	α_1	β_1	β_2	β_3	β_4
IGAE	3	0.060 (0.088)	0.585 ^b (0.112)	0.004 (0.150)	-0.375 (0.154)	-0.066 (0.116)
IGAE	6	0.034 (0.096)	0.521 ^b (0.123)	-0.460 ^b (0.167)	-0.173 (0.171)	0.026 (0.134)
IGAE	9	-0.027 (0.102)	-0.022 (0.131)	-0.241 (0.179)	0.044 (0.181)	-0.144 (0.146)
IGAE	12	-0.049 (0.100)	-0.286 (0.132)	0.033 (0.178)	0.054 (0.181)	-0.286 (0.160)

a,b,c estadísticamente significativos al 1, 5 y 10 por ciento respectivamente.

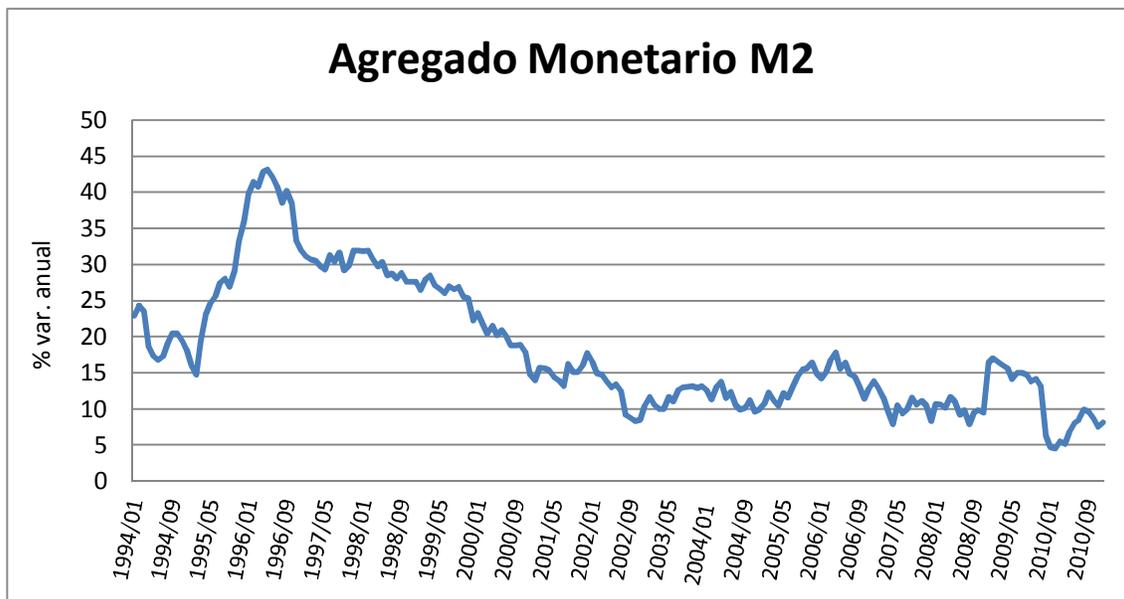
Por último, se realizó el análisis econométrico incluyendo un vector de variables explicativas alternas, que en nuestro caso utilizamos únicamente la variable del agregado monetario M2.

El agregado Monetario M1 se refiere a los billetes y monedas en poder del público; a las cuentas de cheque en moneda nacional y extranjera en poder de residentes del país y; a los depósitos en cuenta corriente con interés en moneda nacional. Al agregado M2 mide el esfuerzo del ahorro interno total, es decir incluye a demás del agregado M1 los activos financieros internos en poder de residentes.

La teoría estima que ante un relajamiento de la política monetaria, hay evidencia de un incremento en el valor del producto real. En el caso de México, aunque en épocas recientes las tasas de interés tienen rendimientos cada vez menores, el agregado monetario M2 ha registrado un crecimiento menor a tasa anual al pasar de una cifra promedio 28.5% durante el periodo 1994-1999 a un crecimiento promedio anual de 12.74% en la década comprendida

entre el año 2000 y 2010, sugiriendo que la disminución en las tasas de interés no genera mayor cantidad de demanda de dinero.

Gráfica 9.



Fuente: Elaboración propia con datos de BANXICO.

Se puede interpretar que menores tasas de crecimiento anual del agregado M2 refleja el nivel de efectivo disponible en la economía, el cual podría ligarse al crecimiento de la producción de bienes y servicios nacionales. Así pues, para el periodo 1994-2010, el análisis con la inclusión del agregado monetario M2 muestra que el diferencial de tasas de interés tiene un poder de predicción sobre el IGAE para un horizonte de 9 meses.

Cuadro 6.

$$y_t^k = \alpha_0 + \alpha_1 Spread_t + B x_t + \varepsilon_t \text{ (Muestra 1994-2010)}$$

Serie	Horizontes	α_1	β_1
IGAE	3	0.097 ^b (0.017)	.755 ^b (0.168)
IGAE	6	0.089 ^b (0.017)	0.947 ^b (0.167)
IGAE	9	0.0519 ^b (0.017)	1.046 ^b (0.173)
IGAE	12	-0.001 (0.0118)	0.998 ^b (0.181)

a,b,c estadísticamente significativos al 1, 5 y 10 por ciento respectivamente.

En tanto que para los periodos de 1999-2008 y 2000-2010, la evidencia de predicción del diferencial de tasas de interés sobre el crecimiento anual del Indicador General de Actividad Económica desaparece por completo.

Cuadro 7.

$$y_t^k = \alpha_0 + \alpha_1 Spread_t + \beta_1 x_t + \varepsilon_t \text{ (Muestra 1999-2008)}$$

Serie	Horizontes	α_1	β_1
IGAE	3	-0.096 (0.072)	1.21^b (0.309)
IGAE	6	0.010 (0.084)	1.36^b (0.362)
IGAE	9	0.049 (0.088)	1.35^b (0.381)
IGAE	12	0.060 (0.090)	1.20^b (0.386)

a,b,c estadísticamente significativos al 1, 5 y 10 por ciento respectivamente.

Los resultados encontrados cuando se utilizó el agregado monetario M2 no cambian los hallazgos del análisis con inclusión de dicho agregado, por lo que la inclusión de la variable monetaria no arroja conclusiones diferentes y se puede prescindir de ella en análisis posteriores.

Como revisamos en el capítulo uno, la estructura temporal de tasas de interés bajo el supuesto de la teoría de las expectativas mantiene algunos supuestos que, a la luz de nuestros resultados, no son comprobables para el caso de México.

Dicha teoría dice que toda información es reflejada de manera instantánea en el precio de los activos; esta aseveración quizás puede ser aplicada para el caso del periodo 1994-2000 donde se encontró que la curva de rendimiento tienen un poder de predicción. Sin embargo, para el periodo 2000-2010, no es aplicable ya que el diferencial de tasas no anticipó la contracción económica.

Es decir, la información perfecta no existió por lo que el supuesto de maximización de beneficio de los inversionistas no se aplicó.

A su vez, si el supuesto de información perfecta hubiera existido, el pago de los rendimientos como la devolución de capital se habría conocido con certeza; no obstante, como hemos visto, durante la crisis financiera internacional de 2008 y 2009 las pérdidas totales de los instrumentos relacionados con las hipotecas y otros derivados exóticos no se anticiparon.

La asimetría de información generó el colapso económico-financiero y en consecuencia la hipótesis de predicción de la curva de rendimiento de tasas de interés no se comprobó en el caso de la economía mexicana.

En concreto, las asimetrías de información implicaron que el precio de los activos no reflejara la información subyacente de sí mismos, esto generó falsas expectativas en las supuestas ganancias de los portafolios de inversión llevando a la no maximización del beneficio de los agentes económicos.

Capítulo 4. Conclusiones

Como se ha mencionado, la crisis económica asociada al estallido de la burbuja del sector inmobiliario fue la gota que derramó el vaso. Bajo este nuevo escenario, la revisión de la hipótesis de las teorías económicas, en particular la de expectativas racionales, no son comprobables con el comportamiento que registraron los mercados financieros y por ende con el comportamiento de la economía, ya que esta última carece aún más de información perfecta.

Utilizando como diferencial de tasas de interés a los rendimientos de los Cetes a 364 días y los Cetes a 91 días, analizamos el poder de predicción que el spread de tasas puede tener sobre el desempeño de la actividad económica futura. En el caso de las variables explicadas consideramos el crecimiento anual de las series mensuales del IGAE, el IGAE del sector servicios y el índice de producción industrial para los años comprendidos entre 1994 y 2010.

Se realizaron tres escenarios de estudio: una que abarca el periodo completo (1994-2010); periodo en el cual el diferencial de tasas de interés muestra un poder de predicción de hasta 9 meses de adelanta sobre el comportamiento de las tres variables económicas definidas en este estudio.

En el caso de la evaluación para el periodo que va de 1999 a 2008 se observó un poder de predicción igualmente de hasta tres trimestres; sin embargo, la significancia con que se validan los resultados tiene que ser más holgada para poder permitir la aplicación del poder de anticipación del diferencial de tasas de interés sobre las variables reales de la economía.

Finalmente la validación de nuestra hipótesis no es comprobable cuando se analiza la muestra de datos entre 2000 y 2010, periodo en el que al final se presenta la recesión económica. Así pues, las pruebas realizadas para dicho lapso de tiempo NO rechazan la hipótesis de que el diferencial de tasas de interés NO tiene poder de predicción sobre el comportamiento del crecimiento económico futuro.

Es decir, tanto la teoría de las expectativas, la de segmentación de mercado y la de Hábitat preferido, carecieron de aplicación bajo un ambiente en el que las condiciones económicas estuvieron influidas por periodos prolongados de incertidumbre.

Así pues, el supuesto de que los mercados son eficientes no se cumplió. Sin duda, la principal falla de mercado –el daño moral- fue el factor que dominó el escenario de las relaciones económicas en el nuevo contexto recesivo; es precisamente, las asimetrías de información la que invalidan los supuestos de las teorías de expectativas y de segmentación de mercados.

Por otra parte, bajo las teorías de preferencia por la liquidez y de fondos prestables, la disminución en las tasas de interés de corto plazo actuales no sugiere, como estas teorías lo indican, un incremento en la actividad productiva futura.

Retomando la maximización intertemporal de los agentes económicos, es decir que la disminución presente de las tasas de interés genera mayor demanda de fondos para invertir, la evidencia para la primera década de este siglo, en el que las tasas de corto plazo siguieron una pendiente negativa (gráfica 5), no involucró un crecimiento de la inversión y por tanto del crecimiento económico en dicha década.

La tasa de crecimiento negativa en índice de producción industrial observada a finales de 2008 y 2009, sector al cual los fondos de inversión se dirigen –nuevamente siguiendo la teoría keynesiana- es muestra que de que la disminución en las tasa de interés de corto plazo no necesariamente se reflejan en un crecimiento posterior.

En este sentido, la teoría Neo-keynesiana quizás tenga mayor relevancia bajo el supuesto de contemplar en sus mecanismos de equilibrio a un sector financiero que opera con asimetrías de información y por tanto no es posible determinar patrones de comportamiento.

En este sentido nuevas relaciones y desde luego nuevos supuesto tienen que crearse para poder interpretar los mecanismos bajo los cuales la información contenida en el rendimiento de tasas de interés pueda interpretar con antelación la actividad económica y la relaciones

entre demandantes y oferentes de recursos financieros; es decir entre ahorradores e inversionistas.

Así pues, futuros estudios sobre este tema tendrían lugar analizando no solamente el poder de predicción de la estructura temporal de tasas de interés de cada país, sino una interrelación de estructura temporal de tasas de interés entre países con efecto en el poder de predicción de una economía.

La globalización quizás invalide la teoría de estructura temporal de tasas como hasta ahora se ha planteado, por lo que quedaría probar una teoría que contemple las tasas de una y otra nación para corroborar su poder de predicción.

Bibliografía

Ang, A., M. Piazzesi y M. Wei (2006), “What does the yield curve tell us about GDP growth?”, *Journal of Econometrics*, vol. 131, No 1-2, págs.359-403.

Arango, L. E., L. A. Flórez y A. M. Arosemena (2005), “El tramo corto de la estructura a plazo como predictor de expectativas de la actividad económica en Colombia”, *Cuadernos de Economía*, vol. 42, No 125, mayo, págs. 79-101.

Bernard H. y S. Gerlach (1996), “Does the term structure predict recession?: the international evidence”, *BIS Working Papers*, No. 37.

Blanchard, Oliver. Macroeconomía. Perarson-Prentice Hall, España, segunda edición, 2004.

Bonser-Neal, C., y T. R. Morley (1997), “Does the yield spread predict real economic activity? A multicountry analysis”, *Federal Reserve Bank of Kansas City Economic Review*, vol. 82, No 3, págs. 37-53.

Campbell, J., y R. J. Shiller (1987), “Cointegration and tests of present value models”, *Journal of Political Economy*, vol. 95, págs. 1062-1088.

Castellanos, S. G. (2000). “El Efecto del ‘Corto’ Sobre la Estructura de Tasas de Interés”, *Documento de Investigación 2000-1*, Banco de México.

Castellanos, S. G., y E. Camero (2003), “Estructura temporal de tasas de interés en México: ¿Puede ésta predecir la actividad económica futura?”, *Revista de Análisis Económico*, Vol. 18, No 2, págs. 33-66.

Cerecero, M.R., Cavazos, D. S. y Banda, H. S. (2009), “La curva de rendimiento y su relación con la actividad económica: una aplicación para México”. *Monetaria* Julio-Septiembre.

Clarida, R., J. Galí y M. Gertler (1999), “The science of monetary policy: A New Keynesian perspective”, *Journal of Economic Literature*, vol. 37, No 4, págs. 1661-1707.

Chauvet, M., y S. Potter (2005), “Forecasting recessions using the yield curve”, *Journal of Forecasting*, vol. 24, No 2, págs. 77-103.

Culberston, J. M. (1957), “The term structure of interest rates”. *The Quarterly Journal of Economics*. LXXI, Noviembre pag. 385-517.

Diebold, F. X., G. D. Rudebusch y s. B. Aruoba (2006), “The macroeconomics and the yield curve: a dynamic latent factor approach”, *Journal of Econometrics*, vol. 131, No 1-2, págs. 309-338.

Douglas, L. G. (1988), “Yield curve analysis”. *New York Institute of Finance*.

Dueker, M. J. (1997), “Strengthening the case for the yield curve as a predictor of U.S. recessions”, *Federal Reserve Bank of St. Louis Economic Review*, vol. 79, No 2, págs. 41-51.

Engsted, T. (1996), “The predictive power of the money market term structure”, *International Journal of Forecasting*, vol. 12, No 2, págs. 289-295.

Estrella, A. (2005a), “The yield curve and recessions”, *International Economy*, 19:3, págs.36-38.

Estrella, A. (2005b), “Why does the yield curve predictor output and inflation?”, *The Economic Journal*, vol. 115, No 505, págs.722-744.

Estrella, A., A. P. Rodrigues y S. Schich (2003), “How stable is the predictive power of the yield curve? Evidence from Germany and the United states”, *The Review of Economics and Statistics*, vol. 85, No 3, págs. 629-644.

Estrella, A. y G. Mishkin (1995), “Predicting U.S. recession: financial variables as leading indicators”, *NBER Working Paper Series*, No. 5379.

Estrella, A., y F. S. Mishkin (1997), “The predictive power of the term structure of interest rates in Europe and the United States: Implications for the European Central Bank”, *European Economic Review*, vol. 41, No 7, págs. 1375-1401.

Estrella, A., y G. A. Hardouvelis (1991), “The term structure as a predictor of real economic activity”, *The Journal of Finance*, vol. 46, No 2, págs. 555-576.

Fama, E. (1984), “The information in the term structure”, *Journal of Financial Economics*, 17, pag. 175-196.

Fama, E. (1990), “Term-Structure forecasts of interest rates, inflation, and real returns”, *Journal of Monetary Economics*, vol. 25, No 1, págs. 59-76.

Fama, E. y R. Bliss (1987), “The information in long maturity forward rates”, *American Economic Review*, vol. 77, págs. 680-692.

Favero, C. A., I. Kaminska y U. Söderström (2005), *The predictive power of the yield spread: Further evidence and a structural interpretation*, CEPR (Discussion Papers, No 4910, pág. 32).

Fernández, V. (2000), “Estructura de tasas de interés en Chile: ¿Qué tan buen predictor de crecimiento e inflación?”, *Cuadernos de Economía*, vol. 37, agosto, págs. 373-404.

González, J. G., R. W. Spencer y D. T. Walz (2000), “The term structure of interest rates and the Mexican economy”, *Contemporary Economic Policy*, vol. 18, No 3, págs. 284-189.

Grossman, S. I. Álgebra lineal. McGraw – Hill, México, Quinta edición, 2007.

Gujarati, D. N. y D. C. Porter, “*Econometría*”, Mc Graw Hill, Quinta Edición, México 2010.

Hamilton, J. D. Time Series Analysis. Princeton University Press, United State, 1994.

Hamilton, J. D., y D. H. Kim (2002), “A reexamination of the predictability of economic activity using the yield spread”, *NBER*, págs. 2-27.

- Hardouvelis, Gikas A. (1988), "The predictive power of the term structure during recent monetary regimes", *Journal of Finance*, vol. 43, págs. 339-356.
- Harvey, C. R. (1988), "The real term structure and consumption growth", *Journal of Financial Economics*, vol. 22, No 2, págs. 305-333.
- Harvey, C. R. (1997), "The relation between the term structure of the interest rates and Canadian economic growth", *Canadian Journal of Economics*, XXX, No.1 169-193.
- Haubrich, J. G., y A. M. Dombrosky (1996), "Predicting real growth using the yield curve" *Federal Reserve Bank of Cleveland Economic Review*, vol. 32, no 1, págs. 26-35.
- Hu Z. (1993), "The yield curve and real activity", *IMF Staff papers*, vol. 40, No. 4, págs. 781-806.
- Keynes, J. Teoría General de la ocupación, el interés y el dinero. Fondo de Cultura Económica, México, 4ta edición, 2000.
- Kikut, A. C., E. Muñoz y R. Durán (1996), *Análisis de la curva de rendimientos y su efecto sobre la actividad económica en Costa Rica*, Banco Central de Costa Rica, (DIE-PI-05-95) pág. 52.
- Kydland, F. E., y E. C. Prescott (1988), "The workweek of capital and its cyclical implications, *Journal of Monetary Economics*, vol. 21, págs. 343-360.
- Kozicki, S. (1997), "Predicting real growth and inflation with the yield spread", *Federal Reserve Bank of Kansas City Economic Review*, vol. 82, No 4, págs. 39-57.
- Laurent, R. (1988), An interest rate-based indicator of monetary policy, Federal Reserve Bank of Chicago, *Economic Perspectives*, vol. 12, págs. 3-14.
- Lutz, F. A. (1940), "The structure of interest rates", *Quarterly Journal of Economics*, November.

Mascarenas J. (1991), “La estructura temporal de los tipos de interés”, *Universidad Complutense de Madrid*, Mayo.

Mishkin, F. (1990), “What does the term structure tell us about future inflation?”, *Journal of Monetary Economics*, vol. 25, págs. 77-95.

Mehl, A. (2006), *The yield curve as a predictor and emerging economies*, European Central Bank (Working Paper Series, No 691, pág. 54).

Modigliano F. y Sutch R. (1996), “Innovations in Interest Rate Policy”. *American Economic Review*. May pag. 178-197

Plosser, C. I., y K. G. Rouwenhorst (1994), “International term structures and real economic growth”, *Journal of Monetary Economics*, vol. 33, No 1, págs. 133-135.

Romer, David. *Macroeconomía Avanzada*. McGraw – Hill, México, segunda edición, 2002.

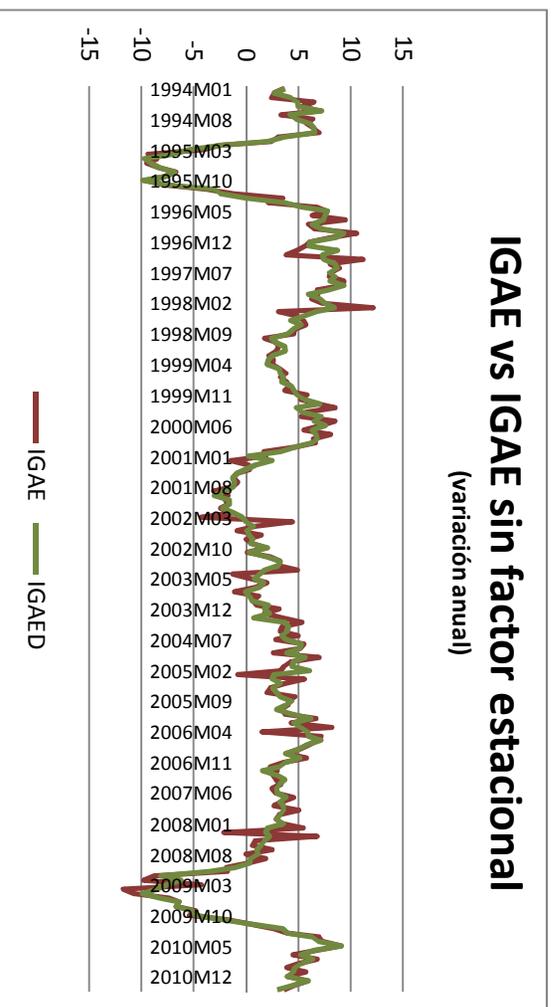
Stock, J. H., y M. W. Watson (2003), “Forecasting output and inflation: The role of asset prices”, *Journal of Economic Literature*, vol. 41, No 3, págs. 788-829.

Svensson, L. e. O. (1997), “Inflation forecast targeting: Implementing and monitoring inflation targets”, *European Economic Review*, vol. 41, No 6, págs. 1111-1146.

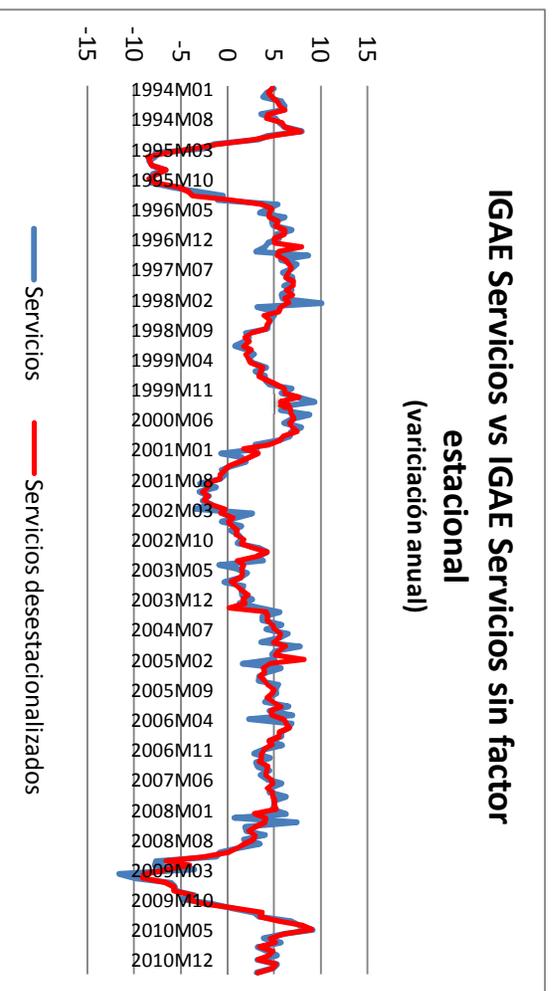
Anexos

a) Gráficas

Gráfica 1.

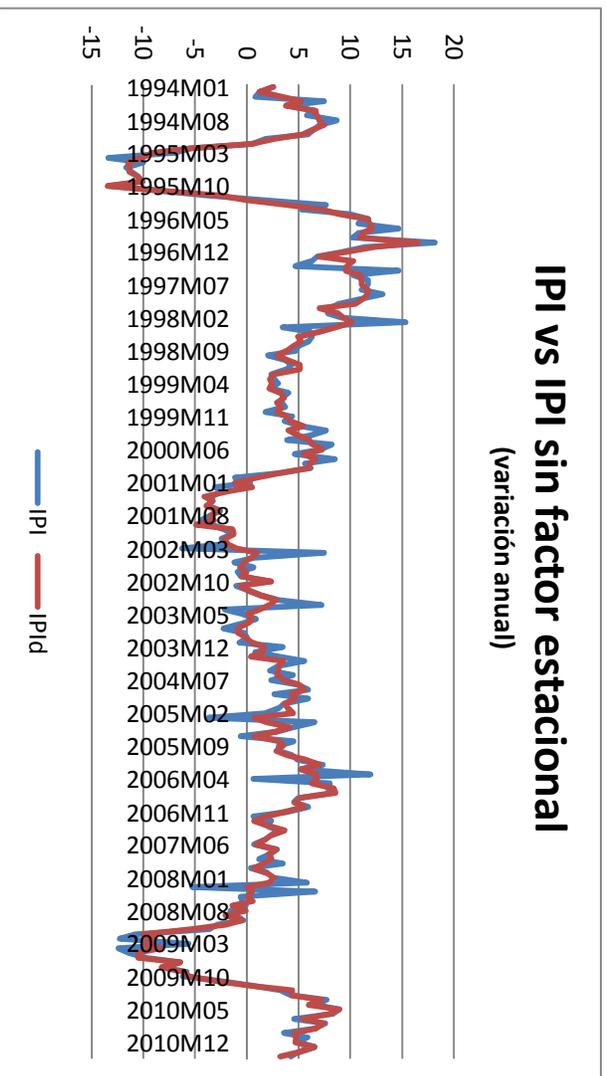


Gráfica 2.

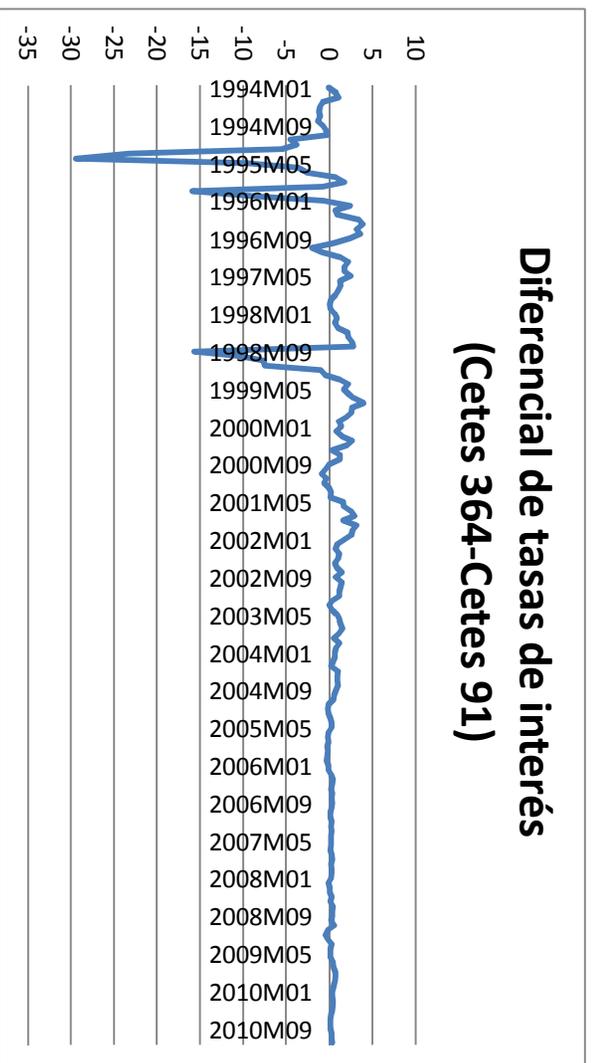


Trejo Nava Ricardo

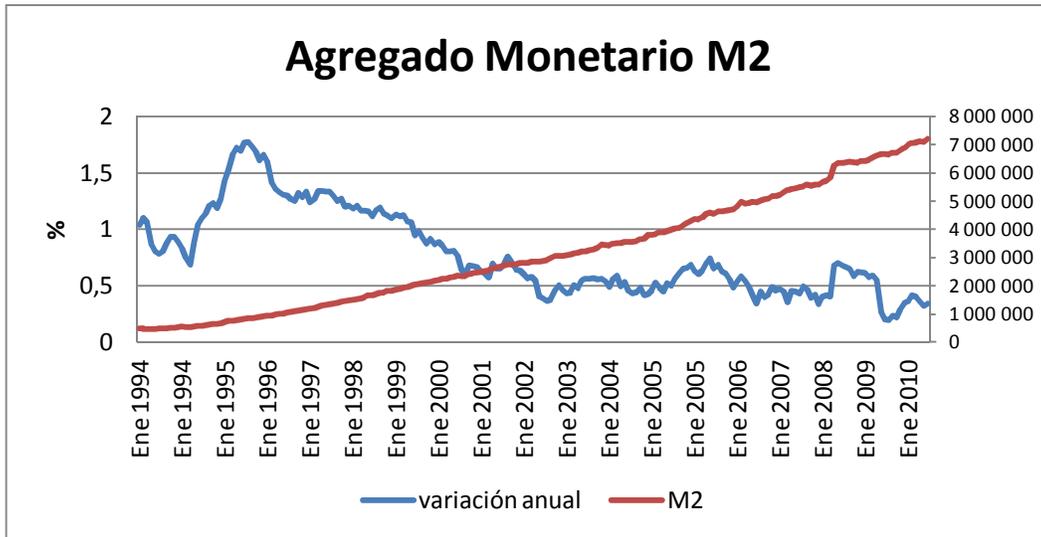
Gráfica 3.



Gráfica 4.



Gráfica 5.



b) Cuadros

Cuadro 1.

Pruebas de raíz unitaria 1994:01 2010:12

Prueba de raíz unitaria IGAE

Serie	Horizontes	ADF	Phillips-Perron
Original	3	-2.335 ^b	-3.446 ^a
Original	6	-2.476 ^b	-3.601 ^a
Original	9	-2.458 ^b	-3.667 ^a
Original	12	-2.112 ^b	-3.488 ^a
Ajuste Estacional	3	-1.907 ^c	-2.395 ^b
Ajuste Estacional	6	-2.810 ^c	-2.641 ^a
Ajuste Estacional	9	-2.164 ^b	-2.634 ^a
Ajuste Estacional	12	-1.875 ^c	-2.341 ^b

Cuadro 2.

Prueba de raíz unitaria IGAE Servicios

Serie	Horizontes	ADF	Phillips-Perron
Original	3	-2.313 ^b	-2.757 ^a
Original	6	-2.398 ^b	-2.848 ^a
Original	9	-2.413 ^b	-3.015 ^a
Original	12	-2.108 ^b	-2.821 ^a
Ajuste Estacional	3	-1.951 ^b	-2.278 ^b
Ajuste Estacional	6	-2.047 ^b	-2.376 ^b
Ajuste Estacional	9	-2.123 ^b	-2.480 ^b
Ajuste Estacional	12	-1.839 ^c	-2.217 ^b

Cuadro 3.

Prueba de raíz unitaria IPI

Serie	Horizontes	<i>ADF</i>	<i>Phillips-Perron</i>
Original	3	-2.685 ^a	-4.705 ^a
Original	6	-2.739 ^a	-4.791 ^a
Original	9	-2.712 ^a	-4.846 ^a
Original	12	-2.438 ^b	-4.693 ^a
Ajuste Estacional	3	-1.908 ^c	-2.609 ^a
Ajuste Estacional	6	-2.197 ^b	-2.804 ^a
Ajuste Estacional	9	-2.016 ^b	-2.771 ^a
Ajuste Estacional	12	-1.654 ^c	-2.442 ^b