



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE  
ESCUELA DE INGENIERIA

**EL PRECIO DEL PETRÓLEO Y LOS  
RETORNOS ACCIONARIOS CUANDO  
LOS PREMIOS POR RIESGO VARÍAN EN  
EL TIEMPO**

**ALBERTO TOMÁS COURT DOUGNAC**

Tesis para optar al grado de  
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Profesor Supervisor:  
**JAIME CASASSUS VARGAS**

Santiago de Chile, (Noviembre, 2008)

© 2008, Alberto Tomás Court Dognac



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE  
ESCUELA DE INGENIERIA

# **EL PRECIO DEL PETRÓLEO Y LOS RETORNOS ACCIONARIOS CUANDO LOS PREMIOS POR RIESGO VARÍAN EN EL TIEMPO**

**ALBERTO TOMÁS COURT DOUGNAC**

Tesis presentada a la Comisión integrada por los profesores:

**JAIME CASASSUS VARGAS**

**GONZALO CORTÁZAR SANZ**

**JORGE FERRANDO YÁÑEZ**

**CARLOS VIDELA CIFUENTES**

Para completar las exigencias del grado de  
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Santiago de Chile, (Noviembre, 2008)

(A mis Padres, hermanos y amigos  
que me apoyaron mucho.)

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar quiero agradecer a mi profesor guía, Jaime Casassus, por su constante apoyo y ayuda. Su colaboración fue esencial para llevar a cabo esta investigación, dado que fue guiando cada uno de los pasos de este proceso, dejando cabida e incluso fomentando el desarrollo de mis propias ideas.

También quiero agradecer a mis padres por su apoyo y cariño. Sin su respaldo, motivación y compañía este trabajo nunca se hubiese concretado.

## INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
INDICE DE TABLAS .....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. VALORIZACIÓN DE ACTIVOS .....	6
2.1. Modelos Estadísticos.....	6
2.1.1. Modelo APT .....	7
2.1.2. Modelo de tres factores de Fama & French.....	8
2.2. Modelos de Equilibrio.....	9
2.2.1. CAPM .....	9
2.2.2. CAPM de consumo.....	10
2.2.3. Modelos condicionales .....	11
2.2.4. Modelo condicional de Lettau & Ludvigson .....	14
2.3. Modelos Estadísticos vs Modelos de Equilibrio .....	15
3. LA VARIABLE CONDICIONANTE: EL PETRÓLEO .....	17
3.1. Petróleo y el PIB de Estados Unidos.....	17
3.2. Petróleo y el Retorno de las Acciones.....	19
4. EL MODELO .....	22
4.1. Modelos Propuestos .....	22
4.2. Benchmark .....	23

5.	DATOS Y METODOLOGÍA .....	25
5.1.	Datos Utilizados y Fuentes de Información .....	25
5.2.	Metodología de Estimación.....	27
5.3.	Criterios de Ajuste.....	28
6.	RESULTADOS .....	30
6.1.	Modelos Incondicionales .....	30
6.2.	Modelos Condicionales.....	32
6.3.	Otros Criterios de Ajuste.....	37
6.3.1.	Errores cuadráticos medios.....	37
6.4.	Robustez.....	40
6.4.1.	Test de especificación.....	40
6.4.2.	Distintas clasificaciones de portafolios .....	43
6.4.3.	Distintos horizontes de tiempo .....	48
6.5.	Validación: Pruebas Fuera de la Muestra.....	53
6.5.1.	Datos .....	54
6.5.2.	Metodología.....	55
6.5.3.	Resultados.....	55
7.	INTUICIÓN DE LOS PREMIOS POR RIESGO Y LA RAZÓN DE SHARPE.....	58
7.1.	Razón de Sharpe.....	58
7.2.	Análisis de los Beta.....	60
8.	CONCLUSIONES.....	64
	Bibliografía .....	67
	A N E X O S .....	73
	Anexo A: Relación Entre las Constantes del Factor de Descuento Estocástico y la Representación Beta.....	74

## INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.1: Crecimiento en el PIB vs shocks de petróleo.....	18
Tabla 5.1: Correlaciones de las variables utilizadas .....	26
Tabla 6.1: Procedimiento Fama-MacBeth para modelos incondicionales.....	31
Tabla 6.2: Procedimiento Fama-MacBeth para modelos condicionales .....	33
Tabla 6.3: Errores cuadráticos medios .....	38
Tabla 6.4: Efecto residual del tamaño.....	41
Tabla 6.5: Efecto residual de la razón libro-bolsa.....	42
Tabla 6.6: 55 Portafolios: 25 ordenados por tamaño y razón bolsa-libro + 25 ordenados por industria .....	44
Tabla 6.7: 25 Portafolios ordenados por tamaño y momentum .....	45
Tabla 6.8: 25 Portafolios ordenados por tamaño y reversión de corto plazo ( <i>short term reversal</i> ) .....	46
Tabla 6.9: 25 Portafolios ordenados por tamaño y reversión de largo plazo ( <i>long term reversal</i> ).....	47
Tabla 6.10: Procedimiento Fama-MacBeth con datos anuales .....	50
Tabla 6.11: Procedimiento Fama-MacBeth con datos mensuales .....	52
Tabla 6.12: Validación: Pruebas fuera de la muestra.....	57
Tabla 7.1: Betas condicionales.....	63

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1: Cambios en la razón de Sharpe en un CAPM condicional.....	12
Figura 3.1: Cambios en el precio del petróleo .....	19
Figura 3.2: Mecanismo como el petróleo afecta el retorno de las acciones.....	20
Figura 6.1: Gráficos de retornos calculados versus retornos observados promedio ..	37

## RESUMEN

Este trabajo busca explicar los retornos, en la sección transversal, de las acciones de Estados Unidos para el período 1966-2006. Para lograr lo anterior, se utilizaron versiones condicionales del CAPM (Capital Asset Pricing Model) y el CCAPM (CAPM de consumo) que usan como variable condicionante los cambios (logarítmicos) en el precio del petróleo (también conocidos como shocks de petróleo). La inclusión de estos shocks como variable explicativa, se justifica debido a su capacidad de predecir los movimientos de variables macroeconómicas, tales como el PIB de Estados Unidos y la inflación, y variables microeconómicas, como los flujos de caja y las oportunidades de crecimiento de las empresas. Los modelos propuestos son novedosos, ya que utilizan el cambio en el precio del petróleo como variable condicionante, lo que permite tener versiones del CAPM y CAPM de consumo donde los premios por riesgos varían en el tiempo dependiendo del precio del petróleo. Los resultados obtenidos muestran una clara influencia de la variable, logrando explicar gran parte de los retornos en la sección transversal al agrupar las acciones en portafolios ordenados por tamaño y razón libro-bolsa. El ajuste de los modelos propuestos supera claramente a modelos incondicionales comúnmente usados tales como el CAPM y CAPM de consumo. Dentro de los modelos propuestos, destaca el modelo condicional del CAPM de consumo donde la variable condicionante son los shocks de petróleo, cuyo ajuste y significancia es superior al reconocido modelo condicional de Lettau y Ludvigson (2001b) que usa la razón consumo bienestar,  $\widehat{cay}$ , como condicionante. Otro resultado importante es que el ajuste de dicho modelo es casi tan bueno como el modelo de tres factores propuesto por Fama y French (1993) en pruebas dentro de la muestra, y es incluso superior en pruebas fuera de la muestra. Además se evidencia cierta estabilidad en cuanto al valor y significancia de los parámetros del modelo propuesto cuando se agrupan los retornos en otros portafolios o cuando los retornos son calculados para distintos plazos de tiempo.

Palabras Claves: valorización de activos, precio del petróleo, shocks de petróleo, CAPM condicional, variable condicionante

## ABSTRACT

This work tries to explain the cross-sectional returns of U.S. stocks throughout the time series 1966-2006. To achieve this task, we tested conditional versions of the CAPM (Capital Asset Pricing Model) and Consumption CAPM (CCAPM) where the conditioning or scaling variable is the log change in oil prices, commonly known as oil shocks. These shocks are included as a scaling variable because of its ability to predict movements in macroeconomic variables, such as the GDP (Gross Domestic Product) and inflation, and microeconomic variables, such as firms' cash flows and growth opportunities. The model we propose is original because it uses changes in oil prices as a conditioning variable, which helps us to obtain versions of the CAPM and CCAPM where risk premiums are time varying depending on oil prices. Our results show a significant influence of the variable, which explains a great deal of the cross-sectional returns when they are grouped by size and book to market. The models we propose perform far better than unconditional models commonly used such as the CAPM and CCAPM. Within the models proposed, the one that better achieve the task of explaining the portfolio returns, is the conditional CCAPM that uses oil shocks as the conditioning variable, which performs even better than the well known conditional model presented in Lettau and Ludvigson (2001b) which uses the consumption-wealth ratio,  $\widehat{cay}$ , as a scaling variable. Another important outcome of this work is that this model performs almost as well as the three factor model proposed in Fama and French (1993) using in-sample data, and it's even better when out-of-sample data are used. An additional matter is the stability shown by the proposed model in the value and significance of the estimated parameters when data is sorted in different portfolios or when returns are measured at different time horizons.

Keywords: Asset pricing, oil price, oil shocks, conditional CAPM, scaling variable

## 1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, un gran número de autores ha investigado la relación entre los cambios en el precio del petróleo y variables macroeconómicas. Tal interés no es de extrañar, ya que nueve de las últimas diez recesiones que ha experimentado Estados Unidos han sido precedidas por un aumento en los precios del crudo. En el conocido paper de Hamilton (1983), dicho autor muestra la causalidad entre los shocks de petróleo y el PIB de Estados Unidos, dando a entender que el petróleo es una variable exógena que afecta el ciclo económico. Esto estaría sustentado en que no existe evidencia empírica de que los shocks de petróleo sean predichos por las variables macroeconómicas, incluyendo el PIB, y que la mayoría de los movimientos en el precio pueden ser explicados por eventos como conflictos militares o embargos de la OPEP, que generalmente se consideran exógenos Hamilton (1985). Otros autores han repetido dicho experimento para el caso de Estados Unidos y otros países, llegando a conclusiones similares (ver Burbidge y Harrison, 1984; Santini, 1985; Gisser y Goodwin (1986); Mork et al, 1994; Rotemberg y Woodford, 1996; Daniel, 1997; Raymond y Rich, 1997; Carruth et al, 1998 y Hamilton, 2003, entre otros).

Con el fin de verificar que la relación de causalidad se ha mantenido a lo largo del tiempo, se hizo un test de causalidad entre los shocks de petróleo y el PIB de Estados Unidos, obteniendo que aún se puede apreciar una clara influencia. Los resultados son similares a los obtenidos por Hamilton (1983) y Hamilton (2003), los cuales documentan que existe un efecto significativo del petróleo en la economía, el cual se manifiesta con cuatro trimestres de desfase. Desde un punto de vista teórico, se han estudiado diversos mecanismos a través de los cuales los shocks del petróleo se traspasan a la economía. Entre ellos destacan aquellos que plantean que el petróleo afecta la tasa de utilización del capital (Finn, 1995 y Finn, 2000), la política monetaria (Barsky y Kilian, 2004) y también explicaciones que enfatizan las fricciones de reubicar la mano de obra y el capital (Bresnahan y Ramey, 1993 y Lee y Ni, 2002)). En el último tiempo, varios autores han destacado que existe cierto grado asimetría en el efecto de los precios del

petróleo y que las alzas en el precio son más relevantes que las bajas como es el caso de Lee et al. (1995), Ferderer (1996) y Hamilton (2003) en Estados Unidos y de Mork et al. (1994), Cuñado y Pérez de Gracia (2003) y Jiménez-Rodríguez y Sánchez (2005) para otros países. Es posible que aun no exista consenso acerca del mecanismo ni la forma funcional de cómo afecta el crudo a la economía, pero la literatura es abundante al momento de concluir que el petróleo si contiene información acerca del ciclo económico.

Producto de la evidencia expuesta anteriormente, resulta natural pensar que el petróleo pueda tener influencia en los mercados financieros. Esta pregunta toma aún mayor relevancia si consideramos la situación actual de la economía. Los efectos del petróleo en el valor de la empresa se pueden separar en aquellos relacionados con cambios en las variables macroeconómicas (por ejemplo, premios por riesgo de mercado, tasas de interés) y aquellos que afectan directamente a la empresa (flujos de caja, betas, oportunidades de inversión). Si consideramos que el petróleo es un buen predictor del ciclo económico, podría afectar cómo los inversionistas cuantifican el riesgo en el mercado, modificando el premio por riesgo promedio exigido a las acciones. También, un alza en el precio del crudo generalmente produce presiones inflacionarias, que podrían tener un efecto importante en el costo de financiamiento de las empresas (es decir, tasas de interés), reduciendo sus oportunidades de crecimiento. Además, el petróleo es típicamente un insumo para las empresas, por lo que afecta negativamente los flujos de caja. Finalmente, un cambio en el petróleo puede modificar la política de consumo de energía de la empresa, lo que modifica el balance entre ingresos y egresos, pudiendo tener un efecto sobre el beta de la firma.

Sorprendentemente, la relación entre los shocks del petróleo y la economía se ha mantenido a un nivel macro y no ha sido aterrizada debidamente a los mercados financieros. La literatura que estudia el efecto de los shocks del petróleo y las acciones es escasa, y los pocos estudios existentes han sido incapaces de llegar a conclusiones contundente. Jones y Kaul (1996), usando datos trimestrales, tratan los shocks de petróleo como una variable exógena e investigan si las acciones reaccionan

racionalmente a dichos shocks. Concluyen que esto ocurre para el caso de Estados Unidos y Canadá, pero que existe una sobre-reacción para Gran Bretaña y Japón. Sadorsky (1999) utiliza un modelo VAR (Vector Auto-Regression) para encontrar que en el mercado estadounidense el precio del petróleo afecta el mercado financiero, pero que éste último tiene un impacto poco significativo en los precios del crudo. Nanda y Faff (2008) hacen un análisis en la sección transversal separando el mercado por industria. Ellos encuentran un impacto negativo significativo del petróleo en todos los sectores menos en las industrias de minería y petróleo/gas. Por otro lado, hay estudios que se oponen a una relación causal entre los shocks de petróleo y los retornos de las acciones. Entre ellos destacan Huang et al. (1996), que buscan una correlación entre los retornos diarios de los contratos futuros de petróleo y los retornos del mercado accionario, obteniendo que ésta no es significativa. El conocido artículo de Chen et al. (1986) busca variables macroeconómicas que determinen el riesgo sistemático del mercado usando modelos multi-factoriales. Una de las variables analizadas fueron los shocks de petróleo, los cuales fueron desechados por su poca significancia estadística. Claramente se puede apreciar que los esfuerzos realizados para ver si existe una relación entre los cambios en el precio del petróleo y el retorno de los activos han sido escasos. La irrefutable evidencia de que los shocks de petróleo deberían impactar el valor de las acciones, nos lleva a pensar que encontrando un modelo que pueda incorporar adecuadamente los cambios en el precio del crudo, éste logrará un buen ajuste en la sección transversal. El problema radica en que a lo largo de la historia ha habido un evidente trade-off entre los modelos estadísticos, como el APT (Arbitrage Pricing Theory) y el modelo de Fama y French de tres factores (FF), y los modelos de equilibrio, como el CAPM (Capital Asset Pricing Modelo) y el CAPM de consumo (CCAPM). Los primeros cuentan con un buen ajuste en la sección transversal, sin embargo su escaso soporte teórico atenúa dicho logro. Por otro lado, los segundos cuentan con una base teórica sólida, pero al ser llevados a los datos su ajuste es mediocre. Como respuesta a esto último, Lettau y Ludvigson (LL) publicaron recientemente una serie de artículos donde han “resucitado” el CAPM demostrando, entre otras cosas, que una versión

condicional de éste puede tener tan buen desempeño como FF (ver Lettau y Ludvigson, 2001a; Lettau y Ludvigson, 2001b y Lettau y Ludvigson, 2005a)<sup>1</sup>. Tal fue el impacto de los modelos condicionales en la teoría de valorización de activos, que muchos autores siguieron esta línea y plantearon sus propios modelos condicionales, entre ellos destacan Santos y Varonesi (2006) y Lustig y Van Nieuwerburgh (2004), entre otros.

Es por esto que se proponen modelos condicionales del CAPM y CCAPM, donde la variable que condiciona al factor correspondiente es el cambio en el precio del petróleo. Esta especificación es innovadora dentro de los modelos de valorización de activos que usan los shocks de petróleo como variable explicativa, ya que permite tener premios por riesgo variables en el tiempo, lo que se ajusta más a la realidad de los inversionistas. Además, este tipo de modelos representa de manera más fiel las múltiples formas en que el petróleo impacta el retorno de las acciones.

A pesar de lo anterior, recientemente han surgido autores más críticos que han escrito una serie de artículos que siembran dudas al respecto de los méritos de este tipo de modelos (Lewellen et al, 2008 y Lewellen y Nagel, 2006). Lo importante es que las críticas no apuntan a la base teórica de los modelos, sino que plantean pruebas donde los modelos condicionales más importantes fallan. Es trascendental poder establecer la validez de estas pruebas y darles la relevancia que merecen.

En este trabajo se pretenden probar dos cosas. Primero, que existe una relación entre los shocks en el precio del petróleo y los retornos de las acciones. Los premios por riesgo accionarios dependen de las expectativas económicas de los inversionistas y el petróleo tiene cierto poder predictivo sobre ellas. Y segundo, que los modelos condicionales del CAPM y CCAPM propuestos, logran ajustes en la sección transversal superiores a sus versiones originales y comparables con el modelo de tres factores de Fama y French y los modelos condicionales de Lettau y Ludvigson, lo que los hace una buena alternativa al momento de querer valorizar activos.

---

<sup>1</sup> Existen pocos estudios previos a LL que consideran un CAPM condicional. Entre ellos destacan Jagannathan y Wang (1996) y Ferson y Harvey (1999).

El resto de este trabajo se compone de la siguiente forma: En la sección dos se presenta la ecuación básica de precios como la base de los modelos de valorización de activos y como se derivan algunos modelos estadísticos y de equilibrio a partir de ésta. La sección tres describe la motivación de utilizar los shocks de petróleo como variable condicionante. En el cuarto apartado de este trabajo se presentan los modelos propuestos y los modelos contra los cuales serán comparados. Entre dichos modelos destaca el de Fama y French de tres factores, el CAPM, el CCAPM, un modelo tipo APT que usa el petróleo como factor y el modelo condicional de Lettau y Ludvigson que usa la variable  $\widehat{cay}$  como condicionante. La sección cinco muestra los datos que se utilizarán, la metodología de estimación para verificar los modelos analizados y el criterio que se utilizará para ver qué modelo tiene un mejor ajuste. La sección seis presenta los principales resultados, donde además del ajuste de los distintos modelos, se hacen pruebas de su especificación, robustez y validación. Para finalizar, se concluye en la sección siete donde se analizan posibles alternativas y extensiones.

## 2. VALORIZACIÓN DE ACTIVOS

Comprender la determinación de los precios de los activos y su dinámica es un tema central en Finanzas. La teoría moderna de valorización de activos empieza con la condición de primer orden de un inversionista que debe decidir cuánto invertir en los distintos instrumentos de la economía y cuánto capital consumir (ver Cochrane, 2005). De esto se deriva la “ecuación básica de precios” (*basic pricing equation*)

$$1 = \mathbb{E}_t[m_{t+1}R_{t+1}^i] \quad (2.1)$$

Donde se ha definido el factor de descuento condicional como

$$m_{t+1} = \beta \frac{u'(c_{t+1})}{u'(c_t)} \quad (2.2)$$

Aquí,  $\mathbb{E}[\cdot]$  es la esperanza condicional en tiempo  $t$ ,  $R_{t+1}^i$  es el retorno bruto del activo  $i$  entre  $t$  y  $t + 1$ ,  $\beta$  captura la impaciencia del inversionista y  $u'(c)$  es la derivada parcial de la utilidad con respecto al consumo. La ecuación de equilibrio en (2.1) balancea el costo marginal (en términos de consumo) de invertir en el activo  $i$  con el beneficio marginal en  $t + 1$  producto de esta inversión.

Esta representación es sumamente general. No existen supuestos acerca de la completitud del mercado ni de características particulares de los inversionistas, como su función de utilidad. Lo importante es que si se conoce el factor de descuento se pueden obtener los precios de todos los activos que se transan en la economía. Existen dos formas de estudiar la relación entre los retornos de los activos en la economía. La primera es netamente estadística y supone una forma funcional para el factor de descuento  $m$ . La segunda es a través de un modelo teórico donde se obtiene  $m$  en equilibrio. A continuación se analizan estas dos formas de estimar el factor estocástico de descuento y se muestran los principales modelos que las caracterizan.

### 2.1. Modelos Estadísticos

Este tipo de modelos busca factores que incidan en el riesgo de los activos a través de una selección esencialmente estadística, lo que hace que el fundamento teórico

de sus logros sea escaso. Más que preocuparse del *¿Cómo?* o *¿Por qué?* cierto factor incide en los retornos de los activos, le interesa cuantificar su efecto, aún cuando esta relación pudiese carecer de un sustento teórico claro. Por otro lado, por construcción, este tipo de modelos suelen contar con un muy buen ajuste en la sección transversal. En seguida se muestran los modelos que destacan dentro de esta línea.

### 2.1.1. Modelo APT

El modelo APT (*arbitrage pricing theory*) fue propuesto por Ross (1976) y es el principal exponente de los modelos estadísticos. En él, se utiliza la propiedad de no arbitraje para cuantificar el efecto de una variable en los retornos de los activos. El APT plantea que los retornos de los activos dependen únicamente del riesgo sistemático, ya que el idiosincrático es diversificable a través de la formación de portafolios. En consecuencia, éste modelo busca el riesgo sistemático de los activos argumentando que éste depende de algunos factores de riesgo. Estos factores pueden ser encontrados a través de un proceso estadístico, probando distintas variables macroeconómicas (como es el caso de Roll y Ross, 1984; Chen et al, 1986) y viendo cuales son más significativas. Así, el riesgo no-diversificable, que es el que debería explicar dichos retornos, queda determinado por un número conocido de factores. Una forma de entender el APT es a través de una relación lineal entre el factor de descuento y los factores de riesgo que se consideran:

$$m_{t+1} = a + b' \cdot f_{t+1} \quad (2.3)$$

Este modelo supone que los retornos de las distintas acciones dependen únicamente de su covarianza con componentes comunes o factores de riesgo  $f$ . La representación beta del APT, se obtiene reemplazando (2.3) en (2.1) y luego descondicionando esta última ecuación<sup>2</sup>. Dado que tanto  $a$  como  $b$  son constantes, el proceso para descondicionar no implica en este caso un modelo más complejo.

---

<sup>2</sup> *Descondicionar* se refiere al proceso de pasar de momentos condicionales a momentos incondicionales

Los retornos esperados de los distintos activos pueden ser escritos de la siguiente forma<sup>3</sup>:

$$\mathbb{E}[R^i] = \mathbb{E}[R^f] + \beta_{i,1}\lambda_1 + \beta_{i,2}\lambda_2 + \beta_{i,3}\lambda_3 + \dots \quad (2.4)$$

Donde  $\mathbb{E}[R^i]$  es el retorno esperado del activo  $i$ ,  $\mathbb{E}[R^f]$  es el retorno esperado de la tasa libre de riesgo<sup>4</sup>, los coeficientes  $\beta$  representan la covarianza del activo  $i$  con cada factor de riesgo (1, 2, 3...) y  $\lambda$  es el precio por el riesgo asociado a ese factor. La multiplicación de estos dos términos entrega el premio por riesgo asociado a un factor de riesgo. Esta representación es útil al momento de querer correr regresiones lineales para testear distintos modelos.

### 2.1.2. Modelo de tres factores de Fama & French

Una especificación exitosa del APT, es el modelo de Fama y French (1993) (FF) que propone 3 factores de mercado para determinar los retornos accionarios. Este es el modelo de factores más utilizado debido a que logra un excelente ajuste en la sección transversal y al número reducido de factores que considera. Su creación tiene como origen el que parte de la fracción de los retornos no explicada por el CAPM, puede ser explicada por variables como la razón bolsa-libro o el tamaño de la empresa (ver Basu, 1977; Banz, 1981; Bhandari, 1988; Fama y French, 1992 y Fama y French, 1996). FF proponen el siguiente modelo en su representación beta:

$$\mathbb{E}[R^i] = \mathbb{E}[R^f] + \beta_{i,R^w}\lambda_{R^w} + \beta_{i,HML}\lambda_{HML} + \beta_{i,SMB}\lambda_{SMB} \quad (2.5)$$

El factor *HML* captura el efecto de la razón bolsa-libro y el factor *SMB* se asocia a la dimensión tamaño. Si bien el ajuste de este modelo es muy bueno, existen dudas teóricas con respecto a los factores que utiliza, ya que la razón bolsa-libro y el tamaño son variables propias de cada empresa. Esto iría en contra de una de las

---

<sup>3</sup>La relación entre el factor de descuento incondicional y los retornos esperados de los activos es ampliamente cubierta en los textos modernos de Asset Pricing (i.e. Campbell, Lo y MacKinlay, 1997 y Cochrane, 2005), por lo que obviaremos la derivación.

<sup>4</sup> Llamaremos a este término “tasa libre de riesgo”, aunque en estricto rigor es el factor que tiene correlación cero con el factor estocástico de descuento.

bases de los modelos tipo APT, la cual especifica que los factores de riesgo deben tener un carácter macroeconómico<sup>5</sup>. Esto ha llamado la atención de muchos teóricos que han intentado encontrar argumentos económicos para conectar los 3 factores de FF con variables relacionadas con la economía (Berk et al, 1999; Gomes et al, 2003; Carlson et al, 2004; Cooper, 2006 y Zhang, 2005). Las preguntas que buscan responder son: ¿Por qué los agentes exigen un premio por riesgo adicional a los factores HML y SMB? y ¿qué tipo de riesgo no diversificable está siendo capturado por los nuevos factores?

A pesar de lo anterior, el buen ajuste de FF, lo hace un buen punto de referencia, por lo que será utilizado como benchmark para comparar el desempeño del modelo que proponemos y que se describen en la sección 4.

## **2.2. Modelos de Equilibrio**

Siguiendo una línea más teórica, es que aparecen los modelos de equilibrio para entender la forma en que determinadas variables afectan el retorno de los activos de la economía. Estas derivaciones surgen de ciertos supuestos que se hacen partiendo de la ecuación básica de precios. Algunos de los principales que se suelen hacer son: suponer una cierta forma para la función de utilidad y asumir una distribución en el tiempo para el factor de descuento estocástico y los pagos. A continuación se presentan los principales exponentes de este tipo de modelos.

### **2.2.1. CAPM**

El Capital Asset Pricing Model (CAPM de Mercado) es un modelo de un factor que se obtiene en condiciones de equilibrio. Fue creado por Sharpe (1964), Lintner (1965) y Mossin (1966) y posteriormente actualizado por Black (1972). Se caracteriza por su simplicidad en la medida del riesgo y es el modelo de valorización de activos de un factor más utilizado en la actualidad. En este modelo existen agentes que toman decisiones de inversión en los distintos activos para

---

<sup>5</sup> Si no fuese así, estaríamos en presencia de riesgo diversificable.

maximizar la utilidad de su riqueza final. Los retornos de los activos son endógenos y se derivan a partir del equilibrio que existe entre la demanda agregada y la oferta para uno de ellos. Una predicción del modelo es que el factor de descuento es lineal en el retorno de la cartera de Mercado,  $R^W$ :

$$m_{t+1} = a + bR_{t+1}^W \quad (2.6)$$

Esta especificación del factor de descuento es equivalente a la forma común del CAPM que dice que la relación entre los retornos de los activos y los retornos del portafolio de Mercado está dada por:

$$\mathbb{E}[R^i] = \mathbb{E}[R^l] + \beta_{i,R^W}(\mathbb{E}[R^W] - \mathbb{E}[R^l]) \quad (2.7)$$

En el CAPM la única medida del riesgo no-diversificable es la correlación entre el activo y el portafolio de Mercado.

El modelo original ha sido celebrado por su elegancia y por la intuición económica que entrega, pero lamentablemente no ha tenido un buen ajuste a los datos. Pruebas empíricas hechas al CAPM han mostrado que carece de la capacidad de explicar el retorno de las acciones en la sección transversal (Friend y Blume, 1970; Black et al, 1972; Blume y Friend, 1973; Fama y MacBeth, 1973 y Stambaugh, 1982).

### 2.2.2. CAPM de consumo

El CAPM de consumo (o CCAPM) creado por Breeden y Litzenberger (1978) y Breeden (1979) es también un modelo de equilibrio, pero el riesgo de los activos se cuantifica de acuerdo a la correlación entre el consumo de los inversionistas y los retornos de los activos. El inversionista está dispuesto a pagar más por aquellos activos que tienen una menor correlación con su consumo, porque reducen la variabilidad total de éste. A estos activos se les exige una menor compensación o premio por riesgo. Las predicciones del modelo de equilibrio son que existe una relación lineal entre el factor de descuento y los retornos en los consumos del inversionista:

$$m_{t+1} = a + b \cdot \Delta c_{t+1} \quad (2.8)$$

Donde  $\Delta c_{t+1}$  son los shocks porcentuales del consumo agregado. Este modelo se sustenta en el supuesto que se hace a menudo con respecto a la función de utilidad, donde se asume que ésta es una potencia del consumo. La representación beta de dicho modelo se muestra a continuación:

$$\mathbb{E}[R^l] = \mathbb{E}[R^l] + \beta_{i,\Delta c} \cdot \Delta c_{t+1} \quad (2.9)$$

De la ecuación se aprecia que el consumo es el único factor de riesgo en este modelo. Las pruebas empíricas hechas al CCAPM tampoco han sido muy auspiciosas en cuanto a su ajuste en la sección transversal (ver por ejemplo, Hansen y Singleton, 1983 y Mankiw y Shapiro, 1986), lo que habla de la poca aplicabilidad de los modelos de equilibrio en general.

### 2.2.3. Modelos condicionales

Una posible razón del mal desempeño de modelos de equilibrio como el CAPM y el CCAPM, es que sus versiones originales no permiten tener premios por riesgo variables, evidencia que es cada vez más aceptada en la literatura de valorización de activos (Campbell y Shiller, 1988; Fama y French, 1988; Fama y French, 1989; Campbell, 1991; Hodrick, 1992; Lamont, 1998 y Lettau y Ludvigson, 2001a). Los modelos condicionales surgen como una solución al problema anterior, ya que incluyen una variable que “condiciona” los factores de riesgo, lo que permite ir ajustando los premios por riesgo a medida que transcurre el tiempo.

La derivación de los modelos condicionales parte de que, a diferencia de las versiones estáticas, no se supone que los pagos y factores de descuento son independientes e idénticamente distribuidos (i.i.d.) en el tiempo. Esto hace que el factor estocástico de descuento quede expresado de la siguiente forma si se tratase de un CAPM condicional:

$$m_{t+1} = a_t + b_t R^W \quad (2.10)$$

La diferencia entre las ecuaciones (2.6) y (2.10) es que en la versión condicional los coeficientes  $a_t$  y  $b_t$  son funciones del estado de la economía en  $t$ , lo que quiere decir que los inversionistas esperan un cierto retorno para  $t + 1$  dado lo que observan en  $t$ . Viéndolo desde un punto de vista económico, se puede decir que los inversionistas conocen información acerca del estado de la economía el momento de definir las posiciones en sus carteras de inversión ( $a_t$  y  $b_t$  son conocidos en  $t$ ), lo que genera expectativas acerca de los premios por riesgo para el siguiente período. Cuando la información que se conoce en  $t$ , hace presagiar tiempos “buenos”, las personas le exigen un menor premio por riesgo a los activos, lo que hace subir los precios, mientras que si se esperan tiempos “malos” exigen que los premios sean mayores, lo que reduce los precios de los activos. En equilibrio se obtiene la Separación de Dos Fondos Tobin (1958), pero con la deseable característica que tanto el premio por riesgo como la varianza de los retornos del Mercado pueden variar en el tiempo.

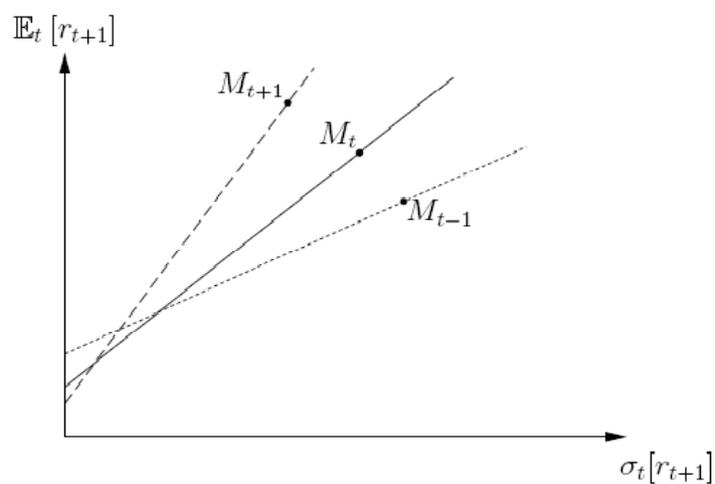


Figura 2.1: Cambios en la razón de Sharpe en un CAPM condicional.

El CAPM condicional puede ser entendido como un modelo de equilibrio en el que la Razón de Sharpe varía en el tiempo de acuerdo al estado de la economía

producto de la información condicionante tal como lo muestra la figura 2.1. La línea punteada muestra la frontera eficiente en tiempo  $t - 1$ , la línea sólida para  $t$  y la línea discontinua para  $t + 1$ . La economía se mueve en el tiempo desde un estado mejor a uno peor. Los cambios en la Razón de Sharpe podrían ser explicados porque la aversión al riesgo de los inversionistas varía en el tiempo.

La forma en que los modelos condicionales hacen que los coeficientes  $a_t$  y  $b_t$  dependan del estado de la economía, es haciéndolos depender linealmente de alguna variable que refleje la información que poseen los inversionistas en  $t$ , y que les da sus expectativas para el próximo período.

$$\begin{aligned} a_t &= a_0 + a_1 \cdot z_t \\ b_t &= b_0 + b_1 \cdot z_t \end{aligned} \quad (2.11)$$

La variable  $z$  es la que “condiciona” los retornos de los activos, ya que es un buen predictor del ciclo económico.

Como se puede apreciar, el CAPM condicional en (2.10) tiene un sólo factor fundamental,  $R^W$ , pero la versión descondicionada del modelo incluye otros factores asociados a la variabilidad de la Razón de Sharpe. En este caso, se obtiene una relación entre los retornos de los activos, el factor fundamental, los factores que condicionan al coeficiente  $a_t$  y la covarianza entre los factores que condicionan a  $b_t$  y el factor fundamental (ver capítulo 8 de Cochrane, 2005).

Dicha relación se muestra a continuación

$$\mathbb{E}[R^i] = \mathbb{E}[R^l] + \beta_{i,z} \lambda_z + \beta_{i,R^w} \lambda_{R^w} + \beta_{i,zR^w} \lambda_{zR^w} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (2.12)$$

El modelo resultante tiene claramente una especificación más general que el CAPM tradicional, pero mantiene la pureza teórica de la versión original. El CAPM condicional puede mejorar sustancialmente el ajuste en la sección transversal de los retornos accionarios.

#### 2.2.4. Modelo condicional de Lettau & Ludvigson

Una especificación bastante exitosa de los modelos condicionales es la planteada por Lettau y Ludvigson (LL), la cual utiliza una variable llamada  $\widehat{cay}$  como condicionante. Para probar que dicha variable predice el retorno de las acciones, LL parte de la siguiente ecuación<sup>6</sup>

$$c_t - w_t = E_t \sum_{j=1}^{\infty} \rho_w^j (r_{m,t+j} - \Delta c_{t+j}) \quad (2.13)$$

Donde  $c$  es el logaritmo del consumo,  $w$  es el logaritmo del bienestar,  $\rho_w^j$  es una constante,  $\Delta c$  es el cambio logarítmico en el consumo y  $r_m$  es el logaritmo del retorno del mercado. De ésta, se puede apreciar que si los cambios en el consumo no son muy grandes (que es el caso en la práctica), la razón consumo-bienestar es un muy buen predictor de los retornos reales de las acciones. Desde un punto de vista teórico, los agentes ajustan su consumo de acuerdo a las expectativas que tienen acerca de las oportunidades de inversión futuras. La relación entre en consumo y la riqueza agregados tiene información acerca de los retornos esperados en el futuro. Como el bienestar no es una variable observable, LL la descomponen en dos variables que sí lo son, éstas son los activos agregados,  $a$ , y el ingreso laboral,  $y$ . Así, reemplazando el bienestar en el lado izquierdo de la ecuación por estas dos variables, crean la variable llamada  $\widehat{cay}$ , la cual teóricamente debería predecir el retorno de los activos.

Con el fin de ver si la variable  $\widehat{cay}$  es una buena variable condicionante, LL prueban que es buena prediciendo el ciclo económico, haciendo una serie de tests en la serie de tiempo (Lettau & Ludvigson, 2001a). Dichas pruebas corroboran el carácter predictivo de la variable, luego ésta es utilizada como variable condicionante en modelos de CAPM y CCAPM condicional Lettau y Ludvigson (2001b). A modo de ejemplo, se muestra la representación beta del modelo CAPM condicional que usa la variable  $\widehat{cay}$  como condicionante.

---

<sup>6</sup> Esta ecuación surge de la aproximación log-lineal de la restricción de presupuesto de un agente representativo. Para ver la derivación completa ver Lettau y Ludvigson (2001a)

$$\mathbb{E}[R^i] = \mathbb{E}[R^l] + \beta_{i,\widehat{cay}}\lambda_{\widehat{cay}} + \beta_{i,R^w}\lambda_{R^w} + \beta_{i,\widehat{cay}R^w}\lambda_{\widehat{cay}R^w} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (2.14)$$

El acercamiento de LL ha sido muy bien recibido, aunque no ha estado exento de críticas. Además, de la sofisticación para obtener la variable  $\widehat{cay}$ , se repara en la existencia de un *look-ahead bias* o sesgo futuro. Esta crítica se basa en que por un lado se dice que la variable  $\widehat{cay}$  tiene poder predictivo, pero por otro lado se utiliza todo el periodo en estudio para el cálculo del vector cointegrado que determina el  $\widehat{cay}$  (Brennan y Xia, 2005 y Lettau y Ludvigson 2005b). Esto hace que por construcción,  $\widehat{cay}$  tenga incluida información futura.

### 2.3. Modelos Estadísticos vs Modelos de Equilibrio

Hay un gran debate sobre qué tipo de modelos utilizar para valorizar activos. Como se mostró en las secciones anteriores, existen los modelos de carácter estadísticos y los que llegan a relaciones a partir de un modelo de equilibrio. Hasta fines del siglo pasado, siempre hubo un claro trade-off entre un tipo de modelo y el otro. Por un lado, los modelos estadísticos como el APT o FF, entregaban muy buenos ajustes en la sección transversal, sin embargo, su base teórica no es tan directa, lo que opaca virtud de sus logros. Por otro lado, los modelos de equilibrio que se utilizaban como el CAPM y el CCAPM, tienen una base teórica sólida y cuentan con una derivación clara, pero sucumben al ser llevados a los datos, teniendo ajustes muy malos en la sección transversal, lo que dificulta el poder utilizarlos en casos reales.

A principios de siglo, surgen los modelos de equilibrio condicionales, los cuales buscan subsanar el problema del mal ajuste de los modelos de equilibrio que existían. La literatura es abundante, donde hay ejemplos notables como el modelo de LL, el cual es capaz de cumplir con la propiedad de tener una clara derivación teórica y a la vez logra un buen ajuste a los datos en la sección transversal. Creemos que estas dos propiedades son las que hacen a los modelos condicionales la mejor opción al momento de elegir un modelo para valorizar activos.

Siguiendo esta línea, y tomando en cuenta que ha habido ciertos reparos en el uso de la variable  $\widehat{cay}$  como condicionante, es que se proponen los cambios en el precio del petróleo como variable condicionante para modelos CAPM y CCAPM condicionales. En la siguiente sección se presentan las razones de la elección de la variable como condicionante y las implicancias de dicha elección.

### 3. LA VARIABLE CONDICIONANTE: EL PETRÓLEO

La variable que condiciona los factores de riesgo es clave para cualquier modelo condicional. Aparte de que el petróleo es una variable observable de alta frecuencia, es importante poder establecer relaciones que la conecten con el retorno de las acciones. En esta sección se hace un link entre los cambios en el precio del petróleo con el PIB de Estados Unidos y el retorno de las acciones, lo que justifica la elección de dichos shocks como variable condicionante.

#### 3.1. Petróleo y el PIB de Estados Unidos

Una variable condicionante debe resumir la información que poseen los inversionistas para tomar sus decisiones de inversión. Una buena forma de lograr esto es viendo una variable que sea capaz de predecir los movimientos del ciclo económico, ya que es sabido que éste tiene la propiedad de determinar los premios por riesgo. La relación es directa, en contracciones económicas la gente invierte menos, lo que por demanda hace bajar los precios de las acciones, haciendo crecer los premios por riesgo. Por otro lado, cuando se viven expansiones económicas, la inversión se hace más grande, llevando hacia arriba los precios de las acciones y haciendo disminuir los premios por riesgo. Con esto, se puede apreciar que una variable que es capaz de predecir el ciclo económico va a impulsar las expectativas de los inversionistas, lo que la convierte en una buena variable condicionante.

Una forma de establecer si existe una relación causal (en el sentido de Granger) entre el PIB de Estados Unidos y los shocks de petróleo es siguiendo a Hamilton (2003), donde se corre una regresión del crecimiento real del PIB de Estados Unidos con respecto a crecimientos reales retardados del PIB y a cambios retardados del precio nominal del petróleo<sup>7</sup>. Dicha relación se muestra en la ecuación (3.1).

---

<sup>7</sup> Los cambios se refieren a cambios logarítmicos

Tabla 3.1: Crecimiento en el PIB vs shocks de petróleo

	$\alpha_0$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$	$\alpha_6$	$\alpha_7$	$\alpha_8$
Estimador	0.668	0.282	0.138	-0.083	-0.111	-0.006	-0.003	-0.005	-0.010
Desv.									
Estándar	0.100	0.065	0.068	0.067	0.065	0.005	0.005	0.005	0.005
Test t	6.659	4.335	2.039	-1.238	-1.717	-1.073	-0.528	-1.012	-1.953

La Tabla muestra los coeficientes al regresionar el crecimiento real del PIB con respecto a retardos del mismo y retardos de los cambios en el precio del petróleo para el período 1947:I a 2007:IV

$$\begin{aligned} \Delta PIB_t = & \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \Delta PIB_{t-1} + \alpha_2 \cdot \Delta PIB_{t-2} + \alpha_3 \cdot \Delta PIB_{t-3} + \alpha_4 \cdot \\ & \Delta PIB_{t-4} + \alpha_5 \cdot \Delta oil_{t-1} + \alpha_6 \cdot \Delta oil_{t-2} + \alpha_7 \cdot \Delta oil_{t-3} + \alpha_8 \cdot \Delta oil_{t-4} \end{aligned} \quad (3.1)$$

Haciendo una estimación OLS (*Ordinary Least Square*) de esta regresión para el período de tiempo que comprende entre el primer trimestre de 1947 y el cuarto trimestre del 2007 se obtienen los resultados que muestra la tabla 3.1. Se puede ver que el término que acompaña al cuarto retardo de los shocks de petróleo es significativo al 95%, lo que muestra que existe una causalidad entre esta variable y el PIB de Estados Unidos.

A pesar de lo anterior, se ha demostrado que la causalidad revelada ha ido perdiendo fuerza en el tiempo, lo que se ha asociado a que existe asimetría en la forma en que los shocks de petróleo influyen en la macroeconomía. Esta asimetría se vería reflejada en que las subidas en el precio del petróleo influyen más que las bajadas, lo que explicaría por qué la significancia estadística de los shocks de petróleo como variable ha ido disminuyendo, puesto que las bajadas en el precio del petróleo no eran muy comunes hasta mediados de los años 80.

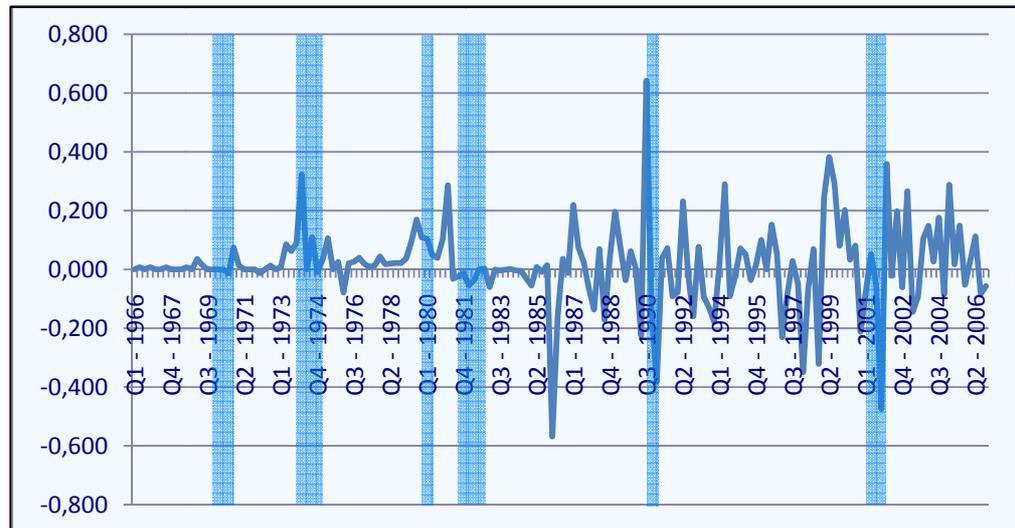


Figura 3.1: Cambios en el precio del petróleo.

Lo anterior se aprecia con claridad en la figura 3.1, que muestra los cambios en el precio nominal del petróleo a lo largo de los últimos 60 años junto con las recesiones correspondientes designadas por la NBER (*National Bureau of Economic Research*) que están representadas por un área sombreada.

### 3.2. Petróleo y el Retorno de las Acciones

Los shocks de petróleo deben ser capaces de anticipar el ciclo económico para ser una buena variable condicionante. Sin embargo, es también sumamente importante poder establecer una relación directa entre estos y los retornos de las acciones. Suponiendo que el retorno de las acciones está dado por (3.2), se puede ver que estos pueden ser impactados a través de tres términos: la tasa libre de riesgo,  $r_f$ , el precio del riesgo asociado a determinado factor,  $\lambda$ , y la cantidad de riesgo a la que se expone la empresa producto de ese factor,  $\beta$ .

(3.2)

Al multiplicar el precio del riesgo por la cantidad de riesgo que la empresa está tomando, se obtiene el premio por riesgo que se espera obtener. En la figura

3.2 se aprecian las múltiples formas en que el petróleo impacta el retorno de las acciones, incluyendo efectos microeconómicos y macroeconómicos.

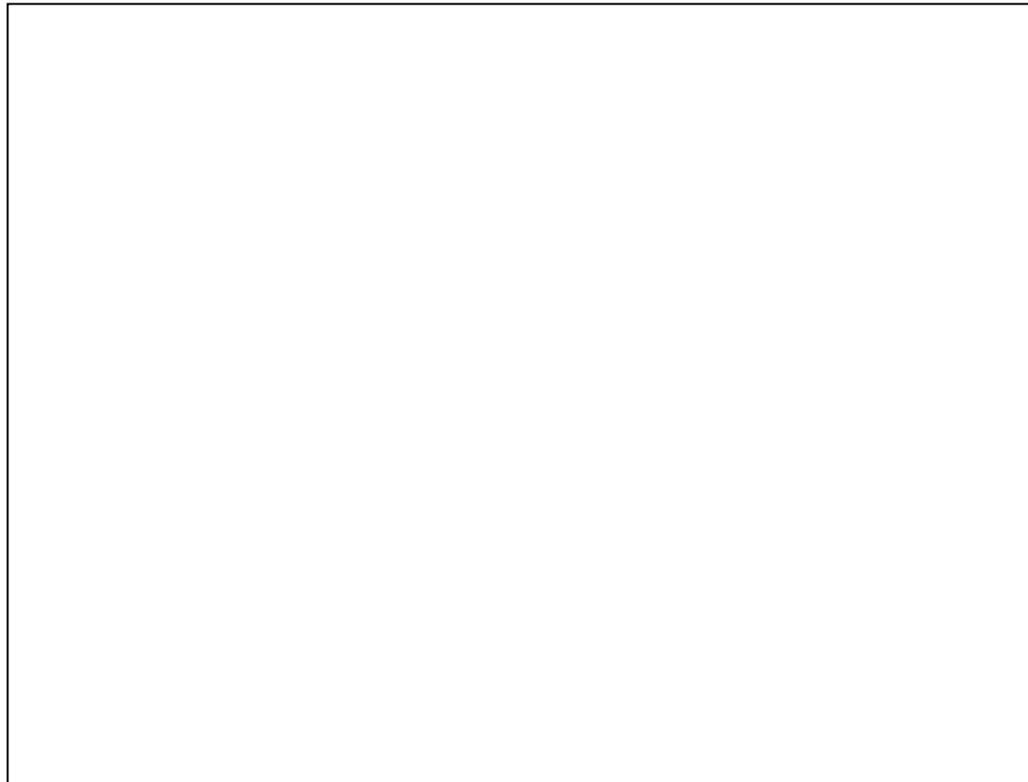


Figura 3.2: Mecanismo como el petróleo afecta el retorno de las acciones.

Dentro de los efectos macro destaca el impacto de los cambios en el precio del petróleo en el ciclo económico (efecto que fue demostrado en la sección anterior) y la influencia en las tasas de interés debido a las presiones inflacionarias que se ejercen subidas en el precio del crudo. El ciclo económico tiene una relación directa con el precio del riesgo, ya que en malos momentos de la economía, la gente, buscando aplanar su consumo, prefiere consumir antes que invertir, lo que por demanda hace que el precio del riesgo asociado a determinados factores aumente. Por el contrario, cuando la economía vive

momentos buenos, las personas tienden a invertir más, lo que hace que el precio del riesgo que se desprende de estos factores disminuya. Las tasas de interés tienen relación con la tasa libre de riesgo, la cual como se vio repercute en los retornos de las acciones.

Los efectos micro son algo más complicados. El petróleo, al ser un insumo en la mayoría de las empresas, afecta en forma directa los flujos de caja. Sumado a esto, se puede apreciar que altos o bajos precios del insumo pueden repercutir en las políticas de consumo energético y en los niveles de producción de las empresas. Estos dos factores tienen un claro efecto en los flujos de caja, los cuales a su vez repercuten en la cantidad de riesgo que una empresa asume debido a algún factor de riesgo. Por último, el efecto en las tasas de interés tiene un impacto en las oportunidades de crecimiento de las empresas, ya que incide en el endeudamiento que requieren para poder empezar nuevos proyectos. Este cambio en las oportunidades de crecimiento, llega a los flujos de caja, los cuales nuevamente influyen en la cantidad de riesgo que la empresa toma asociado a determinado factor.

Como se puede apreciar, el impacto de los cambios en el precio del petróleo y el retorno de las acciones es una compleja red de interacciones. Son múltiples los caminos que muestran algún grado de causalidad, luego resulta natural plantear modelos que vinculen estas variables. En resumidas cuentas, la ecuación (3.2), podría representarse de la siguiente forma:

$$\mathbb{E}[R^i] = R^l(\Delta s) + \beta(\Delta s) \cdot \lambda(\Delta s) \quad (3.3)$$

Donde  $\Delta s$  son los cambios en el precio del petróleo. Esta evidencia nos lleva a plantear modelos condicionales que incluyen los precios del petróleo en la siguiente sección.

## 4. EL MODELO

### 4.1. Modelos Propuestos

Una vez justificado la utilización del petróleo como variable condicionante, es necesario ver las implicancias de esta elección, y qué forma tomarían los modelos que consideran esta especificación. Este trabajo considerará modelos condicionales del CAPM de Mercado y CAPM de consumo, donde la variable condicionante son los cambios en el precio del petróleo. Estos modelos serán llamados CAPM-oil y CCAPM-oil respectivamente. Las representaciones beta de estos dos modelos se muestran en las ecuaciones (4.1) y (4.2) respectivamente.

$$\mathbb{E}[R^{ei}] = \beta_{i,s}\lambda_s + \beta_{i,R^w}\lambda_{R^w} + \beta_{i,sR^w}\lambda_{sR^w} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (4.1)$$

$$\mathbb{E}[R^{ei}] = \beta_{i,s}\lambda_s + \beta_{i,\Delta c}\lambda_{\Delta c} + \beta_{i,s\Delta c}\lambda_{s\Delta c} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (4.2)$$

Otro efecto que se pretende investigar es el desfase que parece existir en la forma en que el petróleo incide en los retornos. Las presiones inflacionarias que se mencionaron en la sección 3.2, pueden reflejarse algunos períodos después y no inmediatamente, lo que hace pensar en un posible desfase entre el shock de petróleo y el efecto en los retornos. Además, como se pudo apreciar en la sección 3.1, es el cuarto *lag* de los shocks de petróleo el que tiene mayor influencia en el PIB de Estados Unidos, lo que nos hace pensar que el estado de la economía puede ser predicho por el petróleo con cuatro trimestres de anticipación. Así, la ecuación (2.11) queda<sup>8</sup>

$$\begin{aligned} a_t &= \omega_0 + \omega_1 \cdot \Delta s_{t-3} \\ b_t &= \eta_0 + \eta_1 \cdot \Delta s_{t-3} \end{aligned} \quad (4.3)$$

---

<sup>8</sup> La variable  $z$  tiene subíndice  $t-3$ , ya que los factores están medidos en  $t+1$ . Así, el desfase total es de cuatro períodos. Es importante notar que de por sí, las variables condicionales están desfasadas en un período con los factores de riesgo.

Con lo que se obtienen nuevas especificaciones para los modelos planteados, las cuales serán llamadas CAPM-oilD y CCAPM-oilD respectivamente.

Producto de la literatura que habla de una posible asimetría en el efecto en que el petróleo incide en variables macroeconómicas como el PIB, es que se probarán versiones “asimétricas” de los modelos anteriores. Estas versiones tomarán en cuenta sólo los shocks positivos de petróleo al momento de calibrar sus variables. Estos 6 modelos planteados (los dos originales, más las dos variaciones que se les hacen a cada uno), serán testeados para ver su ajuste en la sección transversal y serán comparados con otros modelos conocidos de valorización de activos para tener un punto de referencia.

#### **4.2. Benchmark**

Habiendo propuesto los modelos que se quieren testear, se necesita definir qué modelos se utilizarán para compararlos y ver si realmente su ajuste a los datos es el esperado. Los modelos incondicionales que se utilizarán para comparar el desempeño de los modelos propuestos son:

- CAPM de Mercado.
- CAPM de Consumo (CCAPM).
- Modelo de Fama y French de Tres Factores (FF)
- APT usando el Mercado y los Shocks de Petróleo como factores de riesgo. Se probarán especificaciones de este tipo con los shocks de petróleo desfasados en 0, 1 y 4 trimestres.
- APT usando el Consumo y los Shocks de Petróleo como factores de riesgo. Se probarán especificaciones de este tipo con los shocks de petróleo desfasados en 0, 1 y 4 trimestres.

Los modelos tipo APT fueron incluidos con la intención de ver si el utilizar el petróleo como variable condicionante es mejor que simplemente utilizarlo como factor.

Los modelos condicionales que se utilizarán para comparar el desempeño de los modelos propuestos son:

- CAPM condicional de Mercado usando la variable  $\widehat{cay}$  como condicionante (CAPM-cay)
- CAPM condicional de Consumo usando la variable  $\widehat{cay}$  como condicionante (CCAPM-cay)

Las especificaciones de todos estos modelos fueron descritas en la sección 2 de este trabajo.

## 5. DATOS Y METODOLOGÍA

En esta sección se muestran los datos que se necesitaron para calibrar los distintos modelos y las fuentes de información de donde se obtuvieron. Además, se hace una breve explicación de la metodología de Fama y MacBeth (1973), que es la que se utiliza para calibrar dichos modelos. Finalmente, se muestran los criterios que se considerarán para decir que un modelo es mejor que otro y bajo que justificación.

### 5.1. Datos Utilizados y Fuentes de Información

El período de tiempo que se consideró para probar el modelo propuesto es desde el primer trimestre de 1966 hasta el cuarto trimestre del 2006 (1966:I a 2006:IV), lo que suma un total de 164 observaciones en la serie de tiempo. El hecho de tomar datos trimestrales y no mensuales por ejemplo, se debió principalmente a poder compararse con modelos que se pueden calibrar sólo en forma trimestral (como LL) y a que la predictibilidad de los shocks de petróleo en la macroeconomía se ha asociado a intervalos de tiempo trimestrales. El rango de datos a utilizar se justifica porque en él se alcanzan a extraer una cantidad significativa de datos y porque se quiere analizar el efecto más actual del petróleo. Además, con el fin de poder comparar el modelo propuesto, fue necesario ajustar el rango de datos de acuerdo a la disponibilidad de algunas variables (por ejemplo la variable  $\widehat{c\alpha y}$ ).

Los datos de los retornos están agrupados en 25 portafolios, al igual que en Fama y French (1992) y Fama y French (1993), corresponden a los retornos *value weighted* (ponderados por peso) de la intersección de cinco portafolios ordenados por tamaño y cinco portafolios ordenados por su razón bolsa-libro. Los portafolios fueron creados usando datos de CRSP de Diciembre del 2007 y su construcción se hace a finales de Junio. Estos datos, junto con los retornos del mercado y la tasa libre de riesgo son obtenidos de la página del Profesor Kenneth French<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> (<http://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/>)

Para el precio del petróleo que se utilizó es el precio del productor (*Producer Price Index*) del crudo de petróleo (producción doméstica) sin ajustar por temporada (*not seasonally adjusted*), que corresponde a la serie WPU0561 en la página del *Bureau of Labor Statistics*<sup>10</sup>. Los datos de la variable  $\widehat{cay}$  fueron obtenidos de la página de la Profesora Sydney Ludvigson<sup>11</sup> y para mayor información sobre el cálculo de dicha variable se recomienda ver Lettau y Ludvigson (2001a).

Los datos de consumo que se consideraron fueron los de los bienes no durables y servicios. Dichos datos están disponibles en la página de la *Bureau of Economic Analysis*<sup>12</sup>, BEA (Tablas 2.8.3, 2.8.4, 2.8.5 y 2.8.6 de las tablas NIPA). Los datos del PIB están en la Tabla 1.1.6 de la BEA. Todos estos datos están medidos en términos reales. A las series de datos del petróleo y de la variable  $\widehat{cay}$  se les extrae la tendencia para evitar regresiones espurias.

Tabla 5.1: Correlaciones de las variables utilizadas

	Mercado	Consumo	HML	SMB	cay des1	oil	oil des1	oil des4
Mercado	1,000	0,146	-0,471	0,487	0,232	-0,224	0,021	-0,148
Consumo	0,146	1,000	0,001	0,059	-0,201	-0,084	-0,203	-0,132
HML	-0,471	0,001	1,000	-0,189	-0,135	0,077	-0,146	0,149
SMB	0,487	0,059	-0,189	1,000	0,019	-0,103	0,054	0,071
cay_des1	0,232	-0,201	-0,135	0,019	1,000	-0,172	-0,081	-0,086
oil	-0,224	-0,084	0,077	-0,103	-0,172	1,000	-0,026	0,069
oil_des1	0,021	-0,203	-0,146	0,054	-0,081	-0,026	1,000	0,105
oil_des4	-0,148	-0,132	0,149	0,071	-0,086	0,069	0,105	1,000

Nota.- La Tabla muestra las correlaciones de las variables utilizadas en este trabajo. La variable Mercado se refiere al retorno trimestral del mercado por sobre un activo libre de riesgo, Consumo se refiere a los cambios logarítmicos en el consumo, SMB y HML son los portafolios elaborados por Fama y French que están relacionados con el tamaño y la razón bolsa-libro de una empresa respectivamente, la variable cay es una variable asociada a la razón consumo bienestar que es implementada por LL y oil tiene que ver con los shocks de petróleo. Cuando a una variable le sigue un guión y luego la palabra “des” acompañada de un número, se refiere al número de trimestres en que está desfasada la variable.

<sup>10</sup> (<http://stats.bls.gov/ppi/home.htm#data>)

<sup>11</sup> (<http://www.econ.nyu.edu/user/ludvigsons/>)

<sup>12</sup> (<http://www.bea.gov/national/nipaweb/SelectTable.asp?Selected=N>)

Con el fin de ver la relación entre las distintas variables que se utilizan en este trabajo se muestra en la tabla 5.1 una matriz de correlaciones. Como se puede apreciar, las correlaciones son en general bastante bajas. Esto es importante, ya que indicaría que los distintos factores aportarían nueva información a los modelos. Analizando en detalle las variables que tienen que ver con los shocks de petróleo, se puede apreciar que no tienen una correlación alta con ninguna de las otras variables. Esto indica que un buen ajuste de modelos que usan los cambios en el precio del petróleo en su especificación, no se debería a su correlación con variables comúnmente utilizadas en la literatura, sino que habría un aporte de nueva información que permite valorar de mejor forma los retornos de las acciones.

## 5.2. Metodología de Estimación

La metodología que se utiliza para estimar los  $\beta$ 's y precio del riesgo,  $\lambda$ , para cada uno de los modelos analizados es la propuesta por Fama y MacBeth (1973), la cual consiste de dos etapas. En la primera, se corre una regresión en la serie de tiempo con los retornos y los factores para obtener los  $\beta$ 's de cada una de las  $n$  series de tiempo accionarias.

$$R_t^i = \alpha_i + \gamma_t + \beta_i' f_t + \epsilon_t^i, \quad i = 1, \dots, n \quad (5.1)$$

Donde  $R_t^i$  es el retorno en  $t$  del portafolio  $i$ ,  $\alpha_i$  es el intercepto de la regresión (que debería ser 0),  $\gamma_t$  tiene que ver con la “tasa libre de riesgo” o portafolio con beta cero,  $f_t$  es un vector con los factores,  $\beta_i$  es un vector con los  $\beta$  de cada factor y  $\epsilon_t^i$  es el error. Aplicando esperanza a la ecuación anterior se obtiene:

$$E(R_t^i) = E(\gamma_t) + \beta_i' E(f_t) \quad (5.2)$$

Lo que muestra que los retornos son lineales en los  $\beta$ 's. En la metodología original, los  $\beta$ 's se van calculando cada cinco años (*rolling betas*), pero se mostró luego que se puede calcular un único  $\beta$  para toda la muestra, que es lo que se usa en este trabajo.

En la segunda etapa, se corren regresiones en la sección transversal con el fin de encontrar un estimador para los premios por riesgo. Estas regresiones son de la forma

$$R_t^i = \gamma_t + \widehat{\beta}_i' \cdot \lambda_t + \alpha_{it}, \quad t = 1, \dots, T \quad (5.3)$$

Donde  $\lambda_t$  es el vector premio por riesgo y  $\alpha_{it}$  es el error. Se corren regresiones para cada instante de tiempo, para luego encontrar los siguientes estimadores para  $\lambda$  y  $\alpha_i$ <sup>13</sup>:

$$\hat{\lambda} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \hat{\lambda}_t, \quad \hat{\alpha}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \hat{\alpha}_{it} \quad (5.4)$$

Las desviaciones estándar de los estimadores son las siguientes

$$\sigma^2(\hat{\lambda}) = \frac{1}{T^2} \sum_{t=1}^T (\hat{\lambda}_t - \hat{\lambda})^2 \quad \sigma^2(\hat{\alpha}) = \frac{1}{T^2} \sum_{t=1}^T (\hat{\alpha}_t - \hat{\alpha})^2 \quad (5.5)$$

En definitiva,  $\hat{\lambda}$  va a ser el estimador de los premios por riesgo y  $\hat{\alpha}_i$  se utiliza para testear que los errores de valorización sean cero.

Esta metodología no considera que los  $\beta$ 's calculados en la primera etapa son una estimación, lo que debería influir en el cálculo de los errores estándar. Para corregir esto, se deben calcular unos errores corregidos propuestos por Shanken (1992). Esta corrección fue elaborada para cuando los betas eran calculados cada cierto número de datos en la serie de tiempo (*rolling betas*). Para el caso en que se calcula un beta para toda la muestra, la corrección que se debe hacer es la que proponen en Jagannathan y Wang (1996).

### 5.3. Criterios de Ajuste

Con el fin de poder establecer una comparación entre el modelo propuesto y otros modelos de valorización de activos, es necesario enunciar los distintos test a los que pueden ser sometidos los modelos. Estos son los siguientes:

---

<sup>13</sup> Se puede considerar que  $\gamma$  es parte del vector  $\lambda$  agregando una columna de unos al vector  $\beta$ .

- Test t (normal y corregido) para los estimadores de  $\lambda$ . Se usa el test no corregido también porque en Jagannathan y Wang (1998) se muestra que los test normales no siempre sobreestiman la precisión de los errores estándar si existe heterocedasticidad condicional.
- Test  $R^2$  con estimación OLS (*Ordinary Least Square*) y GLS (*General Least Square*) en la sección transversal (el segundo es recomendado por Lewellen et al, 2008). Este test muestra qué fracción de la variación en la sección transversal de los retornos promedio es explicada por los modelos. Si bien este no es un test formal, permite ver de una forma bastante visual e intuitiva el ajuste de los modelos para cierta agrupación de portafolios. Análogo a este test es el  $R^2$  ajustado, que también es reportado para la estimación OLS.
- Intercepto cercano a la tasa libre de riesgo. El intercepto de la regresión que se hace en la sección transversal debería ser parecido a la tasa libre de riesgo. Ésta es de 1,45% en promedio para un trimestre en el período analizado, y es muy poco volátil.
- Errores cuadráticos medios para cada uno de los portafolios. Este test es similar al del  $R^2$  en la sección transversal, pero entrega información más desagregada en términos de portafolio. Junto con estos errores, se hace un test que busca ver si conjuntamente estos son significativamente distintos de cero.

Aplicando estos test a los modelos que se analizarán, se determina qué tanto se ajustan los modelos propuestos a la realidad y con esto se puede establecer cuáles de los modelos planteados son más confiables.

## 6. RESULTADOS

Esta sección muestra los resultados para los distintos modelos y se comparan de acuerdo a los criterios que se establecieron en las secciones anteriores.

### 6.1. Modelos Incondicionales

La tabla 6.1 muestra los resultados de los modelos incondicionales que se dijo servirían para comparar los modelos propuestos. En primer lugar figura el CAPM, donde sus resultados concuerdan con la amplia literatura que lo ha estudiado. Su ajuste en la sección transversal es de apenas un 2% (tanto OLS como GLS) y el coeficiente  $\lambda$  correspondiente al portafolio de mercado es negativo, lo que no tiene ningún sentido económico<sup>14</sup>. Es más aún, los test t para dicho coeficiente son poco significativos, lo que hace rechazar tajantemente el uso de este modelo en aplicaciones empíricas. Por último, este modelo presenta un alto valor para la constante, la cual supera largamente el valor de la tasa libre de riesgo.

Por otro lado, el modelo CCAPM es algo mejor en cuanto ajuste, pero sigue lejos de ser un reflejo fidedigno de lo que ocurre en la realidad. Su  $R^2_{OLS}$  es cercano al 17%, lo cual dista de ser un buen ajuste, mientras que su  $R^2_{GLS}$  ni siquiera alcanza el 1%. Si bien el coeficiente  $\lambda$  asociado a los shocks de consumo no es significativo al 95%, tiene un valor más razonable que el CAPM de Mercado. La constante que se desprende de esta especificación es mayor que un 2% (que es un valor razonable para la tasa libre de riesgo), sin embargo muestra una clara mejora con respecto al CAPM, ya que es bastante más cercana a dicho valor.

---

<sup>14</sup> El coeficiente  $\lambda$  representa la compensación por riesgo, luego para individuos aversos al riesgo, éste debiese ser positivos.

Tabla 6.1: Procedimiento Fama-MacBeth para modelos incondicionales

Modelo	Factor								$R_{OLS}^2$
	Const.	$R_{t+1}^W$	$\Delta c_{t+1}$	$SMB_{t+1}$	$HML_{t+1}$	$\Delta s_{t+1}$	$\Delta s_t$	$\Delta s_{t-3}$	$\frac{R_{OLS}^2}{R_{GLS}^2}$
CAPM	4,26%	-0,48%							0,022
	(4,71)	(-0,43)							(-0,019)
	(4,70)	(-0,43)							0,021
CCAPM	2,23%		0,48%						0,165
	(3,02)		(1,74)						(0,130)
	(1,96)		(1,14)						0,001
FF	4,64%	-1,69%		0,74%	1,40%				0,793
	(3,66)	(-1,17)		(1,57)	(2,93)				(0,765)
	(3,46)	(-1,11)		(1,47)	(2,88)				0,201
APT1	4,36%	-0,54%				2,48%			0,024
	(5,09)	(-0,50)				(0,69)			(-0,061)
	(4,99)	(-0,49)				(0,67)			0,081
APT2	3,23%		0,62%			7,08%			0,273
	(3,15)		(2,60)			(1,02)			(0,210)
	(1,71)		(1,42)			(0,56)			0,081
APT3	2,10%	1,49%					-18,95%		0,324
	(1,87)	(1,11)					(-3,14)		(0,266)
	(1,10)	(0,65)					(-1,87)		0,021
APT4	2,57%		0,48%				-11,87%		0,335
	(3,37)		(1,71)				(-2,24)		(0,278)
	(1,81)		(0,92)				(-1,21)		0,006
APT5	4,18%	-1,28%						16,24%	0,549
	(4,63)	(-1,16)						(3,48)	(0,510)
	(3,00)	(-0,75)						(2,25)	0,021
APT6	3,27%		0,29%					13,32%	0,630
	(4,50)		(1,06)					(2,78)	(0,598)
	(2,77)		(0,65)					(1,71)	0,002

Nota.- La tabla muestra estimaciones para  $\lambda$  siguiendo la metodología de Fama-MacBeth y utilizando los datos especificados en la sección 5.1. Bajo cada una de estas estimaciones se presentan los test t no corregidos del factor correspondiente en paréntesis. Bajo estos, se muestran los test t corregidos también en paréntesis. El término  $R_{t+1}^W$  es el retorno en  $t + 1$  del portafolio de mercado sobre la tasa libre de riesgo,  $\Delta c_{t+1}$  es el cambio logarítmico del consumo para el período  $t + 1$ , SMB y HML son los portafolios elaborados por Fama y French que están relacionados con el tamaño y la razón bolsa-libro de una empresa respectivamente y  $\Delta s_x$  son los shocks de petróleo para el período de tiempo  $x$ . Los términos  $R_{OLS}^2$  y  $\overline{R_{OLS}^2}$  se refiere al estadístico  $R^2$  y  $R^2$  ajustado que se obtiene al correr una regresión en la sección transversal utilizando OLS (*Ordinary Least Square*). El término  $R_{GLS}^2$  se refiere al estadístico  $R^2$  que se obtiene al correr una regresión en la sección transversal utilizando GLS (*General Least Square*).

El modelo FF es también consistente con lo expuesto en la literatura, con un sorprendente ajuste en la sección transversal cercano al 80% para la estimación OLS. Destaca el nivel de significancia del  $\lambda$  correspondiente al término HML cercano al 99%, mientras que el del término SMB no es significativo ni siquiera con un 90% de significancia. Un punto importante en este modelo es nuevamente el signo negativo del término  $\lambda$  asociado al retorno del mercado lo que no tiene ningún sentido económico ni financiero. Además, el valor de la constante es elevado, lo que no es una buena señal en cuanto a la forma del modelo.

Dentro de la misma tabla, cabe destacar los modelos tipo APT que se probaron y que incluyen como variable los cambios en el precio del petróleo. Estos modelos muestran que el incluir el petróleo como factor de riesgo, mejora el ajuste en la sección transversal siempre y cuando dicho factor tenga cierto desfase.

Los modelos tipo APT que incluyen los shocks de petróleo desfasados llegan a explicar incluso hasta un 62% de los retornos en la sección transversal para estimaciones OLS. Esto abre nuevas posibilidades, ya que el petróleo ha sido considerado un mal factor de riesgo por varios estudios que lo han analizado. Según este resultado, las personas considerarían el precio del petróleo al momento de invertir, sin embargo, debido a las fricciones del mercado, esta consideración del precio estaría desfasada en el tiempo.

## 6.2. Modelos Condicionales

La Tabla 6.2 muestra los resultados del ajuste de los modelos condicionales que se analizaron en este trabajo<sup>15</sup>. Los factores utilizados fueron 2, el retorno del portafolio de mercado y los cambios logarítmicos en el consumo. Por otro lado, las variables condicionantes testeadas fueron los shocks de petróleo,  $\Delta s_t$ , y la conocida variable  $\widehat{cay}$  elaborada por LL y que logra buenos ajustes según la literatura. Es importante destacar que se consideran dos especificaciones que usan

---

<sup>15</sup> Cabe mencionar que los modelos asimétricos que se querían analizar y que fueron mencionados en la sección 4 no fueron incluidos en la tabla por su mal ajuste a los datos en relación a los otros modelos planteados.

Tabla 6.2: Procedimiento Fama-MacBeth para modelos condicionales

Modelo	Factor		Variable Condicionante			Término Cruzado (Factor · Variable Condicionante)						$R_{OLS}^2$	
	Const.	$R_{t+1}^W$	$\Delta c_{t+1}$	$\widehat{cay}_t$	$\Delta s_t$	$\Delta s_{t-3}$	$R_{t+1}^W$			$\Delta c_{t+1}$			$R_{OLS}^2$
							$\widehat{cay}_t$	$\Delta s_t$	$\Delta s_{t-3}$	$\widehat{cay}_t$	$\Delta s_t$	$\Delta s_{t-3}$	$R_{GLS}^2$
CAPM-cay	4,02%	-0,94%		-1,89%			0,05%						0,540
	(4,72)	(-0,88)		(-2,81)			(1,97)						(0,477)
	(2,66)	(-0,49)		(-1,58)			(1,12)						0,061
CAPM-oil	2,54%	0,83%			-9,23%								0,581
	(2,31)	(0,63)			(-1,81)								(0,524)
	(1,53)	(0,42)			(-1,21)								0,036
CAPM-oil	3,75%	-0,82%				13,83%							0,594
Desfase4	(4,26)	(-0,75)				(3,44)							(0,538)
	(2,80)	(-0,50)				(2,26)							0,031
CCAPM-cay	5,94%		-0,13%	-0,82%							0,002%		0,628
1	(5,33)		(-0,87)	(-0,89)							(0,31)		(0,577)
	(3,48)		(-0,57)	(-0,58)							(0,20)		0,115
CCAPM-cay	5,88%		-0,37%	*							0,01%		0,594
2	(5,50)		(-1,28)								(3,68)		(0,559)
	(3,61)		(-0,84)								(2,42)		0,114
CCAPM-oil	4,16%		-0,17%		-5,00%						0,07%		0,718
1	(5,54)		(-0,81)		(-0,95)						(1,90)		(0,694)
	(2,88)		(-0,42)		(-0,50)						(1,00)		0,108
CCAPM-oil	4,49%		-0,34%		*						0,11%		0,678
2	(5,26)		(-1,01)								(3,77)		(0,650)
	(2,97)		(-0,57)								(2,13)		0,107
CCAPM-oil	3,27%		0,41%			13,09%						0,12%	0,650
Desfase4	(4,51)		(1,70)			(2,77)						(3,06)	(0,602)
	(1,86)		(0,70)			(1,16)						(1,28)	0,010

Nota.- Ver la nota de la Tabla 6.1. La variable  $\widehat{cay}$  es una variable asociada a la razón consumo bienestar que es implementada por LL. El término cruzado se refiere a la multiplicación del factor por la variable condicionante correspondiente.

\* Valor omitido en la segunda etapa de la metodología de Fama-MacBeth.

el petróleo como variable condicionante. En la primera se ven los shocks de petróleo en  $t$ , para estimar retornos en  $t + 1$ , mientras que en la segunda se ven los shocks en  $t - 3$  para estimar los retornos en  $t + 1$ . La primera es la versión condicional típica que se presenta en la literatura, mientras que la segunda es la versión desfasada que se mencionó en la sección 4.

Los resultados a nivel general muestran una clara mejora en el ajuste de los modelos condicionales con respecto a los incondicionales. Por ejemplo, se puede apreciar que las versiones condicionales del CAPM tienen un ajuste que fluctúa entre un 54% y un 60% dependiendo de la variable condicionante que se utiliza, mientras que los modelos condicionales del CCAPM varían entre un 60% y un 68% de ajuste en la sección transversal.

El modelo tipo CAPM que usa como condicionante la variable  $\hat{cay}$  muestra un  $R^2$  cercano al 54% y con términos asociados a la variable  $\hat{cay}$  significativos al 95% en sus test no corregidos. A diferencia de los resultados obtenidos por LL, el término que corresponde a la variable condicionante es significativo, luego no se debería sacar de la regresión. El segundo modelo analizado, es también tipo CAPM, pero la variable condicionante son los shocks de petróleo. El ajuste en la sección transversal es bueno (superior al 58%), pero lo que sorprende de este modelo es la alta significancia del término cruzado (significativo al 99%) y al bajo valor de la constante, comparado con los otros modelos, lo que lo hace más creíble. El último modelo condicional tipo CAPM que se presenta es el que utiliza los shocks de petróleo como condicionante, pero con un desfase de cuatro períodos. El ajuste en la sección transversal de este modelo alcanza alrededor de un 60% y obtiene valores significativos para los coeficientes de la variable condicionante y el término cruzado incluso en sus test t corregidos.

Los modelos CCAPM condicionales que se testearon con las mismas variables condicionales tienen en general un mejor  $R^2$  en la sección transversal. El primer modelo CCAPM que usa la variable  $cay$  como condicionante alcanza un 63% de ajuste en la sección transversal, sin embargo ninguno de sus coeficientes es

significativo, ni siquiera en sus test t no corregidos. El segundo modelo CCAPM-cay que se presenta en la tabla 6.2, saca el término que corresponde a la variable condicionante sola, tal como lo hacen LL en Lettau y Ludvigson (2001b)<sup>16</sup>. Esta especificación alcanza un ajuste de 59%, donde además el término cruzado es significativo en su test t no corregido y corregido. Para el modelo condicional que usa el petróleo como condicionante, también se muestran dos especificaciones. En la primera se aprecia un importante ajuste de un 72% en la sección transversal, pero el término que corresponde a la variable condicionante sola es poco significativo y el que corresponde al término cruzado es significativo sólo al 90%. La segunda especificación saca el término que corresponde a la variable condicionante sola, con lo que reduce su ajuste transversal a un 68%, pero a la vez el término cruzado se hace significativo al 95% en su test t no corregido y corregido. El último modelo que aparece en dicha tabla corresponde a la especificación CCAPM condicional donde la variable condicionante es el cuarto *lag* de los shocks de petróleo. Este modelo sorprende con un ajuste en la sección transversal de un 65% y cuenta con test t altamente significativos para los coeficientes que utiliza.

En las tablas anteriores, se puede apreciar que la magnitud de la corrección de Shanken que se le hace a los test t depende del modelo que se esté analizando. Esto se debe a que está directamente relacionada con la magnitud de los estimadores de  $\lambda$  e inversamente relacionada con la variabilidad de los factores. Esto hace que los modelos condicionales tengan una corrección muy grande, ya que la varianza de sus términos, sobretodo del término cruzado es muy pequeña. Por otro lado, modelos como el CAPM, tienen valores de la varianza más grandes (en relación a los estimadores de  $\lambda$ ), lo que hace que la corrección sea mínima.

Otro punto digno de analizar es el hecho que las constantes estimadas son en general demasiado altas. Como se mencionó anteriormente, su valor debería ser

---

<sup>16</sup> Tal como lo hacen dichos autores, la variable se elimina sólo en la segunda etapa de la metodología de Fama-MacBeth, es decir, igual se utiliza para calcular los betas en la primera etapa.

similar a la tasa libre de riesgo, sin embargo sus valores muchas veces la duplican. Con respecto a esto es necesario hacer dos acotaciones. Primero, encontrar altos valores de la constante es común en la literatura (por ejemplo, Jagannathan y Wang, 1996 y Lettau y Ludvigson, 2001b), lo que se puede apreciar en este mismo trabajo al ver los altos valores de ésta en los modelos que se utilizaron como benchmark. Segundo, los modelos que usan petróleo como condicionante presentan valores menos elevados para la constante que la mayoría de los otros modelos analizados.

Por último, cabe destacar el bajo nivel de ajuste que tienen los modelos en general cuando se hace una estimación GLS. Es más, ninguno de los modelos analizados (ya sea propuesto o utilizado en la literatura) llega a alcanzar un 35% de ajuste, por lo que se usará como criterio relativo para ver si un modelo es mejor que otro.

Una forma gráfica de ver los resultados anteriores y así tener una idea del ajuste de los distintos modelos analizados es graficando el retorno estimado versus el retorno promedio para cada uno de los portafolios analizados. Este gráfico es análogo al  $R^2$  OLS que se reporta en las distintas tablas, pero verlo gráficamente permite observar en forma desagregada los distintos portafolios que se están valorando. La figura 6.1 muestra este gráfico para los principales modelos analizados, donde cada punto representa un portafolio que está simbolizado por dos números: el primero tiene relación con el tamaño de la empresa (1 representa el menor tamaño y 5 el mayor), mientras el segundo tiene relación con la razón libro-bolsa (1 representa la menor razón libro-bolsa y 5 la mayor). Mientras más se acercan los puntos a la línea que pasa a  $45^\circ$  del origen, mejor es el ajuste del modelo. En esta figura se puede ver con claridad qué portafolios son valorados en forma más precisa por cada modelo y cuáles escapan de sus capacidades predictivas.

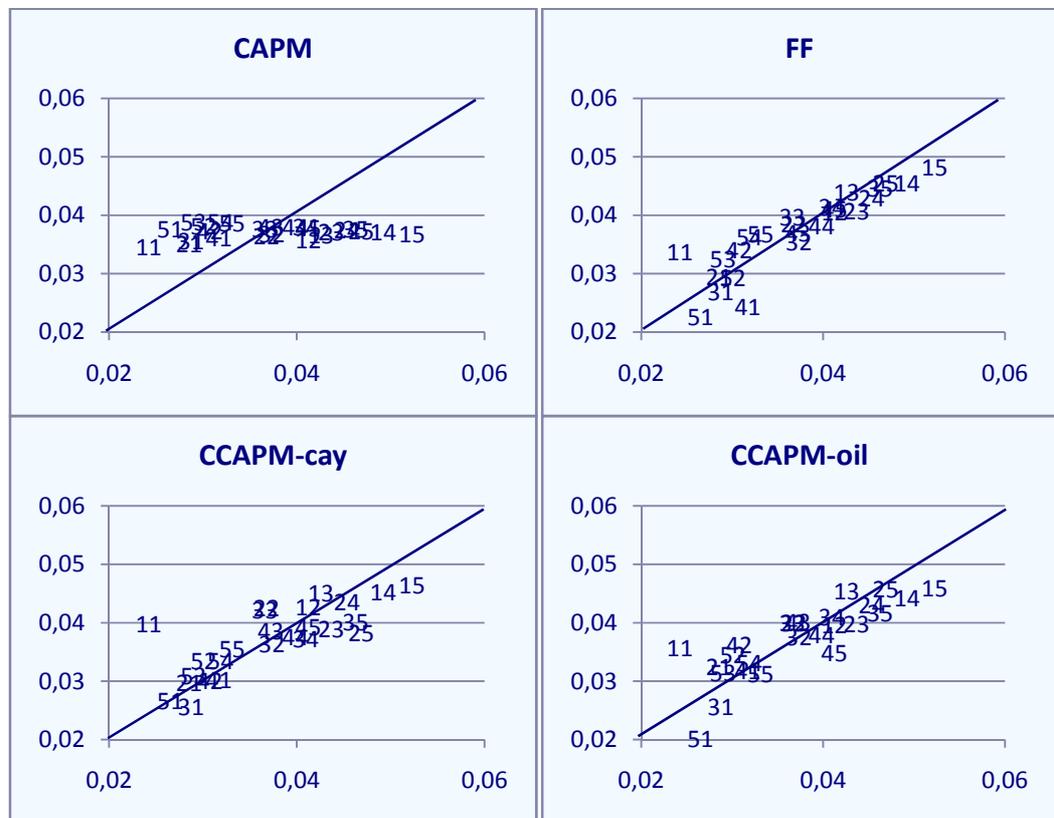


Figura 6.1: Gráficos de retornos calculados versus retornos observados promedio

### 6.3. Otros Criterios de Ajuste

Si bien las pruebas hechas a los modelos en las secciones anteriores ayudan a establecer un primer filtro para los modelos propuestos, es necesario someterlos a nuevos tests que ayuden a esclarecer si alguno de los modelos propuestos tiene validez real.

#### 6.3.1. Errores cuadráticos medios

Un test que permite ver en más detalle el ajuste de los modelos en la sección transversal es el de los errores cuadráticos. En éste, se muestra el error en el que incurre cada modelo al momento de valorar los portafolios en que se agruparon los retornos.

Tabla 6.3: Errores cuadráticos medios

Portafolio	CAPM	CCAPM	FF	APT6	CAPM- oil	CCAPM- cay	CCAPM- oil	CAPM- oilD4	CCAPM- oilD4	
S1	B1	-1,040	-1,660	-0,960	-1,170	-0,500	-1,580	-1,160	-1,010	-1,000
	B2	0,540	-0,200	0,060	-0,160	0,750	-0,150	0,140	0,350	-0,170
	B3	0,580	0,300	-0,140	0,020	-0,030	-0,260	-0,300	0,250	0,060
	B4	1,200	0,830	0,360	0,500	0,430	0,390	0,490	0,810	0,500
	B5	1,540	1,020	0,390	0,950	0,410	0,580	0,620	0,890	1,150
S2	B1	-0,660	-1,090	-0,110	-0,400	-0,320	-0,120	-0,400	-0,320	-0,420
	B2	0,030	0,050	-0,180	-0,180	-0,170	-0,590	-0,330	-0,200	-0,040
	B3	0,640	0,550	0,290	0,210	0,260	0,470	0,380	0,180	0,040
	B4	0,780	0,720	0,220	-0,040	0,120	0,170	0,220	-0,120	-0,030
	B5	0,950	0,490	0,130	0,180	0,090	0,840	0,100	0,370	-0,010
S3	B1	-0,690	-0,690	0,170	0,090	-0,550	0,300	0,310	-0,100	0,020
	B2	0,040	0,070	0,180	0,070	-0,180	0,090	-0,040	0,040	0,070
	B3	-0,120	0,060	-0,320	-0,360	-0,520	-0,570	-0,350	-0,630	-0,380
	B4	0,290	0,560	-0,050	0,090	0,080	0,360	-0,020	-0,210	-0,070
	B5	0,840	0,910	0,150	0,370	0,500	0,610	0,450	0,480	0,460
S4	B1	-0,460	-0,080	0,720	0,790	0,750	0,130	-0,020	0,600	0,720
	B2	-0,670	-0,640	-0,340	-0,680	-0,610	0,060	-0,560	-0,690	-0,690
	B3	-0,080	0,450	0,020	0,110	-0,160	-0,140	-0,310	-0,200	0,140
	B4	0,170	0,690	0,150	-0,060	0,620	0,220	0,180	-0,100	-0,160
	B5	0,330	0,410	0,010	0,510	1,100	0,180	0,630	0,310	0,440
S5	B1	-1,120	-0,900	0,380	0,110	-0,750	-0,030	0,620	0,110	0,140
	B2	-0,810	-0,390	0,070	0,180	-0,460	-0,350	-0,460	0,330	0,210
	B3	-1,000	-0,730	-0,370	-0,660	-0,200	-0,190	-0,260	-0,480	-0,630
	B4	-0,710	-0,080	-0,460	-0,490	-0,490	-0,180	-0,140	-0,810	-0,280
	B5	-0,570	-0,670	-0,370	0,040	-0,140	-0,250	0,170	0,130	-0,070
Promedio	0,740	0,684	0,341	0,456	0,485	0,477	0,425	0,476	0,444	
Test $\chi^2$	81,52*	34,89	57,56*	31,04	35,85	30,66	23,27	33,63	23,17	

Nota.- La Tabla muestra los errores cuadráticos expresados como porcentaje para algunos de los modelos presentados en las tablas 6.1 y 6.2. Dichos errores están desagregados en cada uno de los 25 portafolios de Fama y French ordenados por tamaño y razón libro-bolsa. S1 representa al portafolio con las empresas más pequeñas, mientras S5 al de las empresas más grandes. B1 simboliza el portafolio de empresas con la menor razón libro-bolsa, mientras que B5 representa a las empresas con un mayor valor de dicha razón. La penúltima fila entrega el valor de la raíz cuadrada del promedio de los errores cuadráticos. La última fila muestra el resultado de un test  $\chi^2$  que los errores de los portafolios son conjuntamente cero.

\* Estadísticamente distinto de cero con un 95% de significancia.

La tabla 6.3 muestra dichos errores para algunos de los modelos que se probaron en la sección anterior (claramente los más significativos y algunos que sirven de referencia). Los portafolios están agrupados por tamaño y razón libro-bolsa, donde S1 representa el menor quintil en lo que refiere a tamaño y S5 al mayor, mientras que B1 simboliza al menor quintil en cuanto a razón bolsa-libro y B5 al mayor.

Observando la tabla 6.3, se puede apreciar que el modelo CCAPM-oil y el modelo FF presentan los menores errores promedio. Además, tienen un patrón de errores muy similar, lo que nos lleva a pensar que el modelo CCAPM-oil podría ser capaz de replicar los factores de Fama y French (que son variables microeconómicas) a través de variables macroeconómicas. El resto de los modelos condicionales y el modelo APT6 tienen errores promedio algo mayores, pero de la magnitud de los dos anteriores. Por último, los modelos CAPM y CCAPM tienen errores mucho más grandes, lo que concuerda con el pobre ajuste que muestran en la sección transversal.

En la última fila de la tabla, se muestra el resultado de un test cuya hipótesis nula es que los errores de los portafolios son conjuntamente cero.<sup>17</sup>

Según este test los modelos CAPM y FF son los únicos en los que se puede rechazar la hipótesis nula que los errores son cero. Este resultado es similar al obtenido por Lettau y Ludvigson (2001b), y se debe al término que ajusta el hecho de que los beta son estimados. Para el caso del CAPM y FF el término que corrige es muy pequeño, luego el valor observado para el test no disminuye tanto como para los otros modelos, donde el factor de corrección es bastante mayor. Por lo mismo, dichos autores recomiendan no dar demasiado crédito a esta última prueba.

---

<sup>17</sup> Dicho test está dado por:

$$(1 + \lambda' \Sigma_f^{-1} \lambda)^{-1} \widehat{\alpha}_{ST}' Cov(\widehat{\alpha}_{ST})^{-1} \widehat{\alpha}_{ST} \sim \chi_{N-K}^2$$

Donde  $\Sigma_f$  es la matriz de varianza-covarianza de los factores,  $\widehat{\alpha}_{ST}$  son los errores en la sección transversal, N es el número de portafolios, K es el número de factores y  $Cov(\widehat{\alpha}_{ST})^{-1}$  es la inversa de la matriz de varianza-covarianza de los errores en la sección transversal. El primer término que multiplica a la expresión y que está entre paréntesis es la corrección que se hace por usar una estimación de los beta y se atribuye a Shanken (1992)

## 6.4. Robustez

Una forma de probar que la relación encontrada no es espuria y que efectivamente las especificaciones planteadas tienen poder predictivo sobre los retornos de las acciones, es observando la robustez de los modelos, lo que se puede hacer aplicando los test que se muestran a continuación.

### 6.4.1. Test de especificación

Esta sección busca investigar si existe algún efecto residual de características de la firma en los modelos propuestos. Este tipo de análisis es común en la literatura, ya que ayuda a verificar si la especificación del modelo es correcta.<sup>18</sup> Las características de la firma que se utilizarán son el tamaño y la razón libro-bolsa. Si se obtienen valores significativos para dichas características, habría evidencia para pensar que el modelo está mal especificado. Los resultados de dicha prueba para los modelos propuestos se presentan en las tablas 6.4 y 6.5<sup>19</sup>.

En primer lugar, vemos corroborada la mala especificación de los modelos estáticos del CAPM y CCAPM en las primeras dos filas de ambas tablas. En ellas se aprecia que para el CAPM tanto el tamaño como la razón libro-bolsa aparecen como significativos, mientras que para el caso del CCAPM, éste es incapaz de “sacar” de la regresión la razón bolsa-libro.

---

<sup>18</sup> Se ha demostrado que la metodología de Fama-MacBeth puede hacer que factores “inútiles” aparezcan como significativos. En Jagannathan y Wang (1998) se demuestra que dichos factores no son capaces de “sacar” de la regresión características de las empresas como el tamaño o la razón bolsa-libro. Por “sacar” se entiende que el test t que corresponde al factor en cuestión no sea significativo al 95%, es decir sea menor a 1,96.

<sup>19</sup> Numéricamente lo que se hace es estimar los beta en la primera fase de la metodología Fama-MacBeth y luego correr las regresiones de la segunda fase agregando el último término que se muestra en la ecuación a continuación:

$$R_t^i = \gamma_t + \alpha_{it} + \widehat{\beta}_i' \cdot \lambda_t + \theta_i \cdot d_t, \quad t = 1, \dots, T$$

Donde  $\theta_i$  denota una característica de la firma, que en este caso puede ser el logaritmo del tamaño o de la razón libro-bolsa. En las tablas 6.4 y 6.5 se reportan estimadores de la variable  $d$  para las dos características analizadas.

Tabla 6.4: Efecto residual del tamaño

Modelo	Factor			Variable Condicionante			Término Cruzado (Factor · Var. Condicionante)					Tamaño	$R_{OLS}^2$ $R_{GLS}^2$
	Const.	$R_{t+1}^W$	$\Delta c_{t+1}$	$\widehat{cay}_t$	$\Delta s_t$	$\Delta s_{t-3}$	$R_{t+1}^W \cdot$		$\Delta c_{t+1} \cdot$				
							$\Delta s_t$	$\Delta s_{t-3}$	$\widehat{cay}_t$	$\Delta s_t$	$\Delta s_{t-3}$		
CAPM	10,31%	-3,03%										-0,47%	0,808
	(5,43)	(-2,50)										(-3,81)	(0,782)
	(5,12)	(-2,36)										(-3,59)	0,213
CCAPM	4,78%		0,10%									-0,20%	0,321
	(3,29)		(0,65)									(-1,80)	(0,229)
	(3,19)		(0,63)									(-1,75)	0,172
APT6	3,89%		0,20%			12,67%						-0,05%	0,639
	(2,32)		(1,23)			(2,13)						(-0,36)	(0,571)
	(1,55)		(0,83)			(1,43)						(-0,24)	0,186
CAPM-oil	9,16	-2,44%			-1,80%		-0,24%					-0,41%	0,817
	(4,79)	(-1,91)			(-0,44)		(-1,30)					(-3,27)	(0,772)
	(4,51)	(-1,80)			(-0,42)		(-1,22)					(-3,07)	0,217
CAPM-oil	13,36%	-3,96%				-7,31%		-0,71%				-0,69%	0,836
Desfase4	(7,09)	(-3,53)				(-2,02)		(-2,14)				(-4,90)	(0,795)
	(5,51)	(-2,75)				(-1,57)		(-1,66)				(-3,81)	0,310
CCAPM-cay	6,36%		-0,41%	*					0,01%			-0,06%	0,602
	(4,91)		(-1,86)						(2,51)			(-0,40)	(0,567)
	(3,19)		(-1,21)						(1,63)			(-0,26)	0,239
CCAPM-oil	4,39%		-0,33%		*					0,10%		0,01%	0,678
	(2,88)		(-1,52)							(2,48)		(0,06)	(0,650)
	(1,62)		(-0,85)							(1,39)		(0,03)	0,199
CCAPM-oil	3,90%		0,32%			12,42%					0,11%	-0,06%	0,659
Desfase4	(2,33)		(1,98)			(2,11)					(2,32)	(-0,37)	(0,574)
	(1,35)		(1,15)			(1,23)					(1,35)	(-0,21)	0,192

Nota.- Ver las notas de las tablas 6.1 a 6.3. La variable tamaño se refiere al coeficiente que acompaña al logaritmo del tamaño (variable  $d$ ) en la segunda fase del procedimiento Fama-MacBeth.

\* Valor omitido en la segunda etapa de la metodología de Fama-MacBeth.

Tabla 6.5: Efecto residual de la razón libro-bolsa

Modelo	Factor			Variable Condicionante			Término Cruzado (Factor · Var. Condicionante)					Razón	$R_{OLS}^2$
	Const.	$R_{t+1}^W$	$\Delta c_{t+1}$	$\widehat{cay}_t$	$\Delta s_t$	$\Delta s_{t-3}$	$R_{t+1}^W \cdot$		$\Delta c_{t+1} \cdot$			Libro- Bolsa	$R_{OLS}^2$
							$\Delta s_t$	$\Delta s_{t-3}$	$\widehat{cay}_t$	$\Delta s_t$	$\Delta s_{t-3}$		
CAPM	2,26%	1,65%										1,26%	0,733
	(2,28)	(1,28)										(3,66)	(0,696)
	(2,24)	(1,26)										(3,60)	0,320
CCAPM	3,02%		0,31%									0,83%	0,635
	(3,94)		(1,01)									(2,43)	(0,586)
	(3,15)		(0,81)									(1,94)	0,322
APT6	3,33%		0,26%			7,54%						0,50%	0,728
	(4,51)		(0,90)			(2,11)						(1,31)	(0,676)
	(3,35)		(0,67)			(1,57)						(0,98)	0,325
CAPM-oil	2,57%	1,14%			4,46%							1,08%	0,858
	(2,34)	(0,85)			(1,12)							(3,41)	(0,822)
	(1,89)	(0,69)			(0,90)							(2,75)	0,369
CAPM-oil	2,73%	0,82%				6,46%						1,04%	0,788
Desfase4	(2,88)	(0,68)				(1,97)						(3,53)	(0,735)
	(2,55)	(0,60)				(1,74)						(3,11)	0,371
CCAPM-cay	4,64%		-0,09%	*						0,005%		0,66%	0,754
	(5,83)		(-0,57)							(2,15)		(1,65)	(0,733)
	(5,19)		(-0,51)							(1,91)		(1,47)	0,393
CCAPM-oil	3,88%		-0,07%		*					0,07%		0,54%	0,795
	(5,35)		(-0,31)							(2,21)		(1,58)	(0,777)
	(4,16)		(-0,24)							(1,71)		(1,22)	0,364
CCAPM-oil	3,32%		0,34%			7,64%						0,07%	0,48%
Desfase4	(4,52)		(1,26)			(2,15)				(2,73)		(1,27)	(0,671)
	(2,98)		(0,84)			(1,42)				(1,81)		(0,84)	0,337

Nota.- Ver las notas de las tablas 6.1 a 6.3. La variable libro-bolsa se refiere al coeficiente que acompaña al logaritmo de la razón libro-bolsa (variable  $d$ ) en la segunda fase del procedimiento.

\* Valor omitido en la segunda etapa de la metodología de Fama-MacBeth.

Por otro lado, se aprecia que la especificación tipo APT que tiene como factores el consumo y el cuarto *lag* de los shocks de petróleo (APT6) pasa este test, sacando ambos características de la empresa en sus test t corregidos y no corregidos.

En este test, se observa que las versiones condicionales del CAPM presentan complicaciones para “sacar” el tamaño y la razón libro-bolsa de la regresión, lo que le resta credibilidad a dichas especificaciones.

Por otro lado, las versiones condicionales del CCAPM pasan este test con las tres variables condicionantes que se prueban (cay, petróleo y petróleo con desfase 4). Esto hace que en secciones futuras nuestra atención se centre en los modelos tipo CCAPM más que los que usan como factor el retorno del portafolio de mercado.

#### **6.4.2. Distintas clasificaciones de portafolios**

Un factor que se mantuvo constante durante las pruebas anteriores fueron los 25 portafolios ordenados por tamaño y razón libro-bolsa a través de los cuales se analizó el ajuste en la sección transversal. En esta sección se pretende variar la composición de los portafolios utilizados, manteniendo la ventana de tiempo inicial. Esto se hace, con el fin de probar que los modelos planteados tienen poder predictivo más allá del tamaño y la razón libro-bolsa.

Siguiendo a Lewellen et al. (2008) se plantea una clasificación de 55 portafolios donde se incluyen los 25 portafolios de Fama y French ordenados por tamaño y razón libro-bolsa, más 30 portafolios ordenados por industria, que también fueron clasificados por dichos autores. Los resultados se muestran en la tabla 6.6 y en ellos se aprecia un claro deterioro del ajuste en la sección transversal para todos los modelos analizados, lo que es consistente con lo hallado por Lewellen et al. (2008). Los bajos niveles de ajuste no son la excepción para los modelos propuestos que incluyen el petróleo en su especificación.

Tabla 6.6: 55 Portafolios: 25 ordenados por tamaño y razón bolsa-libro + 25 ordenados por industria

Modelo	Factor					Variable Condicionante			Término Cruzado (Factor · Var. Condicionante)			$R_{OLS}^2$
	Const.	$R_{t+1}^W$	$\Delta c_{t+1}$	$SMB$	$HML$	$\widehat{cay}_t$	$\Delta s_t$	$\Delta s_{t-3}$	$\Delta c_{t+1}$			$R_{OLS}^2$
									$\widehat{cay}_t$	$\Delta s_t$	$\Delta s_{t-3}$	$R_{GLS}^2$
CAPM	3,41%	0,05%										0,000
	(4,41)	(0,05)										(-0,018)
	(4,41)	(0,05)										0,001
CCAPM	3,60%		-0,05%									0,006
	(5,94)		(-0,32)									(-0,013)
	(5,91)		(-0,32)									0,032
FF	3,80%	-0,76%		0,57%	0,90%							0,350
	(3,77)	(-0,63)		(1,20)	(1,85)							(0,313)
	(3,69)	(-0,62)		(1,17)	(1,81)							0,060
APT6	3,71%		0,01%					5,89%				0,225
	(6,10)		(0,05)					(2,48)				(0,196)
	(5,60)		(0,04)					(2,28)				0,033
CCAPM-cay	4,26%		-0,14%			*				0,002%		0,113
	(6,36)		(-1,01)							(1,56)		(0,079)
	(5,95)		(-0,95)							(1,46)		0,025
CCAPM-oil	3,63%		-0,05%				*			0,03%		0,169
	(6,23)		(-0,32)							(1,98)		(0,137)
	(5,80)		(-0,30)							(1,84)		0,060
CCAPM-oil Desfase4	3,77%		-0,08%					7,77%			0,02%	0,300
	(6,13)		(-0,64)					(2,96)			(1,37)	(0,260)
	(4,90)		(-0,51)					(2,36)			(1,09)	0,066

Nota.- Ver la nota de la Tabla 6.2. Esta tabla se diferencia en que los portafolios en que se agrupan los retornos de las acciones son 55: los 25 ordenados por tamaño y razón libro-bolsa, más 30 que corresponden a una clasificación por industria hecha por Fama y French.

\* Valor omitido en la segunda etapa de la metodología de Fama-MacBeth.

Tabla 6.7: 25 Portafolios ordenados por tamaño y momentum

Modelo	Factor					Variable Condicionante			Término Cruzado (Factor · Var. Condicionante)			$R_{OLS}^2$
	Const.	$R_{t+1}^W$	$\Delta c_{t+1}$	<i>SMB</i>	<i>HML</i>	$\widehat{cay}_t$	$\Delta s_t$	$\Delta s_{t-3}$	$\Delta c_{t+1} \cdot$			$R_{OLS}^2$
									$\widehat{cay}_t$	$\Delta s_t$	$\Delta s_{t-3}$	$R_{GLS}^2$
CAPM	4,38%	-0,77%										0,015
	(4,55)	(-0,64)										(-0,026)
	(4,53)	(-0,64)										0,003
CCAPM	5,70%		-0,74%									0,202
	(7,34)		(-2,71)									(0169)
	(3,60)		(-1,33)									0,059
FF	12,75%	-9,31%		1,03%	-2,04%							0,698
	(6,72)	(-4,67)		(2,02)	(-2,76)							(0,657)
	(3,42)	(-2,38)		(1,03)	(-1,41)							0,184
APT6	6,45%		-0,76%									0,447
	(8,05)		(-2,79)									(0,399)
	(3,24)		(-1,12)									0,099
CCAPM- cay	7,91%		-0,91%			*						0,675
	(7,86)		(-3,63)									(0,647)
	(3,23)		(-1,49)									0,090
CCAPM- oil	7,87%		-1,45%									0,510
	(7,98)		(-5,24)									(0,468)
	(2,10)		(-1,38)									0,076
CCAPM-oil Desfase4	6,42%		-0,96%									0,574
	(8,04)		(-3,82)									(0,515)
	(2,47)		(-1,17)									0,108

Nota.- Ver la nota de la Tabla 6.2. Esta tabla se diferencia en que los portafolios en que se agrupan los retornos de las acciones son los 25 portafolios ordenados por tamaño y momentum que hacen Fama y French.

\* Valor omitido en la segunda etapa de la metodología de Fama-MacBeth.

Tabla 6.8: 25 Portafolios ordenados por tamaño y reversión de corto plazo (*short term reversal*)

Modelo	Factor					Variable Condicionante			Término Cruzado (Factor · Var. Condicionante)			$R_{OLS}^2$
	Const.	$R_{t+1}^W$	$\Delta c_{t+1}$	SMB	HML	$\widehat{cay}_t$	$\Delta s_t$	$\Delta s_{t-3}$	$\Delta c_{t+1} \cdot$			$R_{OLS}^2$
									$\widehat{cay}_t$	$\Delta s_t$	$\Delta s_{t-3}$	$R_{GLS}^2$
CAPM	-0,37%	3,30%										0,374
	(-0,36)	(2,65)										(0,348)
	(-0,33)	(2,47)										0,027
CCAPM	2,84%		0,23%									0,033
	(3,92)		(1,19)									(-0,008)
	(3,42)		(0,97)									0,034
FF	-7,20%	9,89%		0,28%	3,65%							0,826
	(-4,17)	(5,42)		(0,58)	(4,48)							(0,803)
	(-1,97)	(2,56)		(0,27)	(2,12)							0,131
APT6	3,73%		0,09%					9,04%				0,097
	(5,30)		(0,46)					(2,35)				(0,019)
	(4,30)		(0,37)					(1,91)				0,044
CCAPM- cay	4,54%		-0,13%			*			0,01%			0,109
	(3,72)		(-1,17)						(1,73)			(0,031)
	(3,16)		(-1,00)						(1,47)			0,025
CCAPM- oil	4,49%		-0,30%				*		0,05%			0,072
	(5,18)		(-2,67)						(1,78)			(-0,008)
	(3,84)		(-1,98)						(1,32)			0,063
CCAPM-oil Desfase4	3,56%		-0,07%					10,08%		0,004%		0,167
	(5,04)		(-0,52)					(2,63)		(0,14)		(0,054)
	(3,04)		(-0,31)					(1,58)		(0,08)		0,044

Nota.- Ver la nota de la Tabla 6.2. Esta tabla se diferencia en que los portafolios en que se agrupan los retornos de las acciones son los 25 portafolios ordenados por tamaño y reversión de corto plazo (*short term reversal*) que hacen Fama y French.

\* Valor omitido en la segunda etapa de la metodología de Fama-MacBeth.

Tabla 6.9: 25 Portafolios ordenados por tamaño y reversión de largo plazo (*long term reversal*)

Modelo	Factor					Variable Condicionante			Término Cruzado (Factor · Var. Condicionante)			$R_{OLS}^2$
	Const.	$R_{t+1}^W$	$\Delta c_{t+1}$	SMB	HML	$\widehat{cay}_t$	$\Delta s_t$	$\Delta s_{t-3}$	$\Delta c_{t+1}$			$R_{OLS}^2$
									$\widehat{cay}_t$	$\Delta s_t$	$\Delta s_{t-3}$	$R_{GLS}^2$
CAPM	2,80%	0,94%										0,062
	(3,27)	(0,81)										(0,023)
	(3,25)	(0,81)										0,008
CCAPM	3,45%		0,14%									0,026
	(5,50)		(0,60)									(-0,015)
	(5,21)		(0,57)									0,023
FF	2,58%	0,41%		0,54%	1,76%							0,772
	(2,12)	(0,31)		(1,10)	(2,60)							(0,741)
	(1,99)	(0,29)		(1,03)	(2,44)							0,162
APT6	3,98%		0,01%					5,81%				0,137
	(6,11)		(0,06)					(1,87)				(0,061)
	(5,61)		(0,06)					(1,71)				0,023
CCAPM- cay	5,38%		-0,27%			*				0,01%		0,444
	(6,42)		(-1,55)							(2,72)		(0,395)
	(4,88)		(-1,18)							(2,06)		0,037
CCAPM- oil	3,72%		-0,08%				*			0,08%		0,741
	(6,07)		(-0,39)							(2,89)		(0,719)
	(4,39)		(-0,28)							(2,09)		0,046
CCAPM-oil Desfase4	3,93%		-0,12%					9,23%			0,01%	0,503
	(6,05)		(-0,66)					(2,52)			(0,40)	(0,435)
	(3,97)		(-0,43)					(1,65)			(0,26)	0,028

Nota.- Ver la nota de la Tabla 6.2. Esta tabla se diferencia en que los portafolios en que se agrupan los retornos de las acciones son los 25 portafolios ordenados por tamaño y reversión de largo plazo (*long term reversal*) que hacen Fama y French.

\* Valor omitido en la segunda etapa de la metodología de Fama-MacBeth.

En cuanto a la significancia de los estimadores, se puede apreciar que todos los modelos pierden significancia en sus test t. Sin embargo, los únicos términos que permanecen significativos al 95% de confiabilidad (por lo menos en su test t no corregido) son el término cruzado del CCAPM que usa el petróleo como condicionante y el término correspondiente al cuarto lag de los shocks de petróleo. Esto habla de la consistencia de los modelos propuestos, los cuales son capaces de mantenerse significativos aún cuando se varía la agrupación de portafolios. Las tablas 6.7, 6.8 y 6.9 muestran otras clasificaciones de portafolios. La primera muestra los resultados de la metodología al ordenar el espectro de acciones en 25 portafolios clasificados por tamaño y momentum. La segunda hace lo propio para 25 portafolios ordenados por tamaño y reversión de corto plazo (*short term reversal*), mientras la tercera usa 25 portafolios agrupados por tamaño y reversión de largo plazo (*long term reversal*). Todas estas clasificaciones están hechas por Fama y French y los datos se encuentran en la página del Profesor Kenneth French. Si bien los resultados en cuanto a ajuste son dispares, se puede ver la consistencia de los estimadores de los modelos propuestos. Por ejemplo, el término cruzado del CCAPM que usa los shocks de petróleo como condicionante, se mantiene significativo para casi todas las agrupaciones de portafolios, pero además conserva siempre su signo y el estimador no varía mucho en su valor (se mueve entre 0,03% y 0,10% para los distintos portafolios, lo que es poco comparado con los estimadores de otros modelos). Lo mismo ocurre con el cuarto retardo de los shocks de petróleo. Esto muestra la solidez y consistencia de los modelos planteados, los cuales son capaces de conservar su significancia independiente de la clasificación de portafolios.

#### **6.4.3. Distintos horizontes de tiempo**

Otro punto a considerar para ver la robustez de los modelos analizados es el plazo de los retornos seleccionados. Es de común acuerdo en la literatura que los retornos pueden ser predichos para plazos más largos (trimestrales o anuales) antes

que para plazos más cortos (diarios o semanales)<sup>20</sup>, que es una de las razones por las cuales se utilizan retornos trimestrales. Es interesante ver si los resultados obtenidos a nivel trimestral se repiten si analizamos los retornos anualmente o incluso mensualmente, ya que esto nos daría una idea del plazo de la predictibilidad de los modelos propuestos. Además, una de las ventajas del petróleo por sobre otras variables que se utilizan como condicionante es que se tienen datos de éste con una frecuencia altísima, luego se podría calibrar el modelo para datos mensuales a diferencia de modelos como CCAPM-cay.

Para el caso de los retornos medidos a nivel anual, la ventana de tiempo que se utiliza es ampliada, con la intención de tener suficientes datos para hacer las regresiones. La ventana de tiempo va desde 1952 hasta 2006.

La tabla 6.10 muestra los resultados para los modelos analizados anteriormente, pero considerando datos de retornos medidos en forma anual. Se puede apreciar en términos generales que el ajuste tanto del coeficiente  $R^2$  como los test t aumentan para esta agrupación de datos, lo que corrobora el hecho de que a mayor horizonte de tiempo hay mayor predictibilidad.

Viendo los modelos en detalle, se puede apreciar que el CAPM sigue teniendo un pésimo ajuste en la sección transversal y cuenta con un  $\lambda$  asociado al retorno del mercado negativo, lo que carece de sentido económico. El CCAPM aumenta dramáticamente su ajuste en la sección transversal y la significancia de su factor comparándolo con los resultados obtenidos a nivel trimestral. Por otro lado, FF mantiene el ajuste en la sección transversal, pero el alto valor de la constante y que el  $\lambda$  asociado al retorno del mercado sea negativo hacen dudar que sus buenos resultados tengan una implicancia económica. Para finalizar con los modelos incondicionales, se ve que APT6 mantiene un buen ajuste, aunque el  $\lambda$  asociado al shock de petróleo no es significativo al 95%.

---

<sup>20</sup> Una referencia que deja muy claro este punto es Campbell, Lo y MacKinlay (1997).

Tabla 6.10: Procedimiento Fama-MacBeth con datos anuales

Modelo	Factor					Variable Condicionante		Término Cruzado (Factor · Var. Condicionante)		$R_{OLS}^2$
	Const.	$R_{t+1}^W$	$\Delta c_{t+1}$	<i>SMB</i>	<i>HML</i>	$\widehat{cay}_t$	$\Delta s_t$	$\Delta c_{t+1}$	$\Delta s_t$	$\frac{R_{OLS}^2}{R_{GLS}^2}$
CAPM	16,61%	-0,65%								0,001
	(3,43)	(-0,12)								(-0,040)
	(3,42)	(-0,12)								0,003
CCAPM	6,34%		2,00%							0,644
	(2,01)		(3,77)							(0,629)
	(1,11)		(2,07)							0,060
FF	17,32%	-4,84%		2,63%	5,70%					0,807
	(5,11)	(-1,19)		(1,58)	(3,36)					(0,781)
	(4,39)	(-1,02)		(1,35)	(2,88)					0,106
APT6	6,44%		1,44%				7,10%			0,689
	(2,06)		(3,60)				(1,02)			(0,661)
	(1,34)		(2,34)				(0,66)			0,092
CCAPM-oil	8,96%		1,37%				*		0,25%	0,754
	(3,73)		(2,96)						(2,97)	(0,733)
	(2,52)		(2,00)						(2,01)	0,136
CCAPM-cay	7,57%		1,78%			*		-0,01%		0,644
	(2,93)		(3,05)					(-0,42)		(0,612)
	(1,74)		(1,80)					(-0,25)		0,034

Nota.- Ver la nota de la Tabla 6.2. Esta tabla se diferencia en que los datos son reportados anualmente. El modelo APT6 usa como factores el cambio logarítmico en el consumo y los shocks de petróleo desfasados en 1 año.

\* Valor omitido en la segunda etapa de la metodología de Fama-MacBeth.

En cuanto a los modelos incondicionales, se puede apreciar que el CCAPM-cay no aporta mayor información que el modelo CCAPM solo, ya que su término cruzado es muy poco significativo. En contraste, el modelo CCAPM-oil cuenta con un altísimo ajuste del 75% y con parámetros  $\lambda$  significativos al 95%, lo que vuelve a demostrar el buen ajuste a los datos del modelo propuesto. Cabe destacar que para este caso, la variable condicionante está desfasada un año, por lo que no se consideraron versiones con más períodos de desfase.

La tabla 6.11 muestra los resultados para datos mensuales cuando se utiliza la misma ventana de tiempo que se definió en la sección 5. En dicha tabla, se puede apreciar que el ajuste de los modelos presenta algunos cambios en relación a lo que se observó para datos trimestrales. El modelo CAPM logra un mejor ajuste que para datos trimestrales, sin embargo el término que acompaña al retorno del mercado vuelve a ser negativo, lo que carece de sentido económico. El CCAPM reduce notablemente su ajuste y la significancia del factor consumo, lo que hace pensar en una poca aplicabilidad de este modelo para un horizonte mensual. El modelo FF mantiene su alto ajuste cercano al 80% en la sección transversal, sin embargo, el alto valor de la constante y que el factor del retorno del mercado sea negativo y significativo al 95% hace dudar de los méritos del modelo. El APT6 intenta conservar el desfase del modelo que se probó para datos trimestrales, luego los dos factores son el consumo y los shocks de petróleo desfasados en 12 meses, que equivalen a los 4 trimestres del modelo que se vio en la sección 4. Sus resultados son alentadores, con un bajo valor de la constante y con los shocks de petróleo significativos al 95%.

Para los modelos condicionales, los resultados son pobres en términos de ajuste en la sección transversal, sin embargo, se aprecia cierta consistencia en cuanto a la significancia de los parámetros. El modelo CCAPM-oilD3 busca replicar lo hecho por el modelo CCAPM-oil de la sección 6.2, ya que tiene un trimestre de desfase. Vemos que al igual que la versión que busca imitar, este modelo es significativo al 95% en su término cruzado, lo que muestra la consistencia de la que se hablaba.

Tabla 6.11: Procedimiento Fama-MacBeth con datos mensuales

Modelo	Factor					Variable Condicionante			Término Cruzado (Factor · Var. Condicionante)			$R_{OLS}^2$
	Const.	$R_{t+1}^W$	$\Delta c_{t+1}$	<i>SMB</i>	<i>HML</i>	$\Delta s_t$	$\Delta s_{t-2}$	$\Delta s_{t-11}$	$\Delta c_{t+1} \cdot$			$R_{OLS}^2$
									$\Delta s_t$	$\Delta s_{t-2}$	$\Delta s_{t-11}$	$R_{GLS}^2$
CAPM	1,76%	-0,55%										0,161
	(4,64)	(-1,27)										(0,126)
	(4,61)	(-1,26)										0,127
CCAPM	1,16%		0,01%									0,001
	(4,85)		(0,08)									(-0,041)
	(4,85)		(0,08)									0,001
FF	1,81%	-0,84%		0,20%	0,47%							0,781
	(5,91)	(-2,28)		(1,31)	(3,42)							(0,751)
	(5,73)	(-2,21)		(1,27)	(3,32)							0,313
APT6	0,96%		0,12%					5,30%				0,460
	(4,16)		(1,19)					(3,34)				(0,413)
	(3,22)		(0,92)					(2,59)				0,003
CCAPM-oil	1,33%		0,06%			7,57%			0,01%			0,120
	(5,39)		(0,55)			(2,90)			(0,86)			(0,001)
	(3,57)		(0,36)			(1,91)			(0,57)			0,112
CCAPM-oil	1,64%		-0,06%				*			0,01%		0,139
	(7,06)		(-0,63)							(2,39)		(0,065)
Desfase 3	(6,27)		(-0,56)							(2,13)		0,126
CCAPM-oil	0,63%		0,22%					2,73%			0,02%	0,496
	(3,00)		(2,67)					(1,55)			(3,77)	(0,427)
Desfase 12	(2,30)		(2,05)					(1,19)			(2,89)	0,039

Nota.- Ver la nota de la Tabla 6.2. Esta tabla se diferencia en que los datos son reportados mensualmente. El modelo APT6 usa como factores el cambio logarítmico en el consumo y los shocks de petróleo desfasados en 12 meses, es decir, 4 trimestres. El modelo CCAPM-oil Desfase 3 es un modelo condicional que usa el petróleo con un desfase de tres meses, es decir, un trimestre. El modelo CCAPM-oil Desfase 12 es un modelo que usa el petróleo con un desfase de 12 meses, es decir, 4 trimestres.

\* Valor omitido en la segunda etapa de la metodología de Fama-MacBeth.

El modelo CCAPM-oilD12 intenta emular lo hecho por el modelo CCAPM-oilD (modelo con 4 trimestres de desfase) de la sección 6.2, ya que ambos tienen un año de desfase de la variable condicionante. Nuevamente se puede apreciar un  $\lambda$  asociado al término cruzado significativo al 95% y un ajuste un poco mejor que los otros modelos condicionales de esta sección.

También se muestra el modelo CCAPM-oil, que es el modelo condicional natural para datos mensuales, el cual se muestra bastante defectuoso en general en cuanto a ajuste y significancia de sus factores, salvo para el término de la variable condicionante sola.

En términos generales, los datos mensuales no obtienen el nivel de ajuste de los datos trimestrales, lo que hace pensar que estos modelos funcionan más a nivel macroeconómico, donde las variables se mueven con el ciclo económico y dan mejores pronósticos para horizontes más largos de tiempo. A pesar de esto, existe cierta consistencia en cuanto a la significancia de los parámetros, lo que no descarta su implementación a nivel mensual.

Viendo los resultados de esta sección se puede decir que a mayor horizonte de tiempo los modelos suelen tener mejores ajustes, pero más allá del horizonte, se pudo apreciar que los modelos propuestos cuentan con cierta estabilidad en la significancia de sus estimadores, lo que reafirma su capacidad de explicar los retornos accionarios.

### **6.5. Validación: Pruebas Fuera de la Muestra**

En esta sección se pretende hacer una comparación más directa y detallada entre los modelos condicionales que usan petróleo y la variable  $\widehat{cay}$  como condicionante, con el fin de mostrar que el petróleo es una variable más confiable. La base teórica para lo anterior tiene relación con las críticas que se le han hecho a la construcción de la variable  $\widehat{cay}$  y que se especificaron en la sección 2. El argumento es el siguiente: la variable  $cay$  debe ser calculada para la muestra en cuestión, luego su valor va a depender del período de tiempo que se tome en cuenta. Esto habla del

uso de información futura para construir el vector cointegrado que la determina, lo que genera un sesgo futuro o *look-ahead bias*. Una forma de probar que existe este sesgo futuro es viendo el poder predictivo “fuera de la muestra” (*out of sample*) del modelo y ver si sus resultados se acercan a la realidad.

Para llevar a cabo lo anterior, se calibrarán modelos condicionales del CCAPM que usan shocks de petróleo (normales y desfasados) y la variable  $\widehat{cay}$  como condicionante para un período de tiempo determinado. Luego, se usarán dichas calibraciones para ver la predicción de los modelos para los retornos de cada portafolio en el siguiente trimestre. Esta predicción será comparada con el valor real de los retornos, para así ver el error en que incurre cada especificación. Con el fin de hacer la predicción más realista y con la información que en realidad contarían los modelos, estos se irán recalibrando cada vez que se quieran predecir retornos para un nuevo período de tiempo. En términos prácticos, esto significa que la predicción se hará sólo para el primer trimestre posterior a la calibración.

El caso de la variable  $\widehat{cay}$  es un tema aparte, ya que a diferencia del precio del petróleo que es un valor objetivo que se conoce cada período, ésta debe ser calculada para toda la muestra. Esto hace que lleve consigo información futura que no se debería conocer. A pesar de esta pequeña “ventaja” que tendría el modelo que usa el  $\widehat{cay}$  como condicionante, los resultados de los modelos fueron comparados directamente.

### 6.5.1. Datos

Los datos que se utilizarán para llevar a cabo esta prueba son los mismos que se utilizaron para las secciones anteriores. En primera instancia se usa la ventana de tiempo que va desde el primer trimestre de 1966 hasta el cuarto trimestre de 2001 para calibrar y luego predecir los retornos para el primer trimestre de 2002. Luego se usan los datos desde el primer trimestre de 1966 al primer trimestre de 2002 para calibrar y luego predecir los retornos del segundo trimestre de 2002. Así se continúa sucesivamente hasta llegar a la última ventana de calibración que va

desde el primer trimestre de 1966 hasta el tercer trimestre de 2006, con la que se predicen los retornos del cuarto trimestre de 2006.

### **6.5.2. Metodología**

La metodología propuesta puede ser dividida en un cierto número de pasos, los cuales se detallan a continuación:

- Paso 1: Se calibran los modelos con los datos correspondientes, con lo que se obtienen estimadores para los betas, lambdas y la tasa con beta cero.
- Paso 2: Con los coeficientes encontrados se calculan las constantes del factor de descuento estocástico como se muestra en el anexo A.
- Paso 3: Con el valor de dichas constantes se pueden hacer estimaciones de los retornos para el siguiente período si se conocen los valores de los factores para ese instante de tiempo<sup>21</sup> y se asume que los  $\beta$ 's se mantienen constantes. Cómo encontrar los lambda de la representación beta a partir de las constantes del factor estocástico de descuento se muestra en detalle en el anexo A.
- Paso 4: Los retornos calculados se comparan con los retornos reales y se obtiene un término de error.
- Paso 5: Se agrega un dato más al set que se utiliza para calibrar y se vuelve al Paso 1.

Este proceso se repite hasta que se hayan incluido todas las observaciones, es decir, hasta el cuarto trimestre de 2006.

### **6.5.3. Resultados**

El principal valor que se analizará para determinar el ajuste de los modelos será el error cuadrático medio de cada estimación, el cual es la raíz de la suma de los

---

<sup>21</sup> Para el caso de los factores este valor no es conocido, luego se toma el promedio histórico que es la mejor estimación para el siguiente período.

errores cuadráticos de cada portafolio para determinada calibración. Como valor análogo a dicho error, se reportará el  $R^2$  de la sección transversal (fuera de la muestra) para los distintos modelos en cada uno de los plazos analizados<sup>22</sup>. La tabla 6.12 muestra los datos mencionados para los distintos modelos que se probaron, lo que permite establecer una comparación directa y fuera de la muestra para éstos.

Como se puede constatar en dicha tabla, los valores tanto de error, como de ajuste en la sección transversal ( $R^2$ ) no son comparables con los valores dentro de la muestra. Vemos un claro aumento en el error y un ajuste bastante más pequeño. A pesar de esto, se aprecia que en varios períodos de tiempo hay estimaciones bastante cercanas a la realidad, lo que hace pensar que hay cierto nivel de predictibilidad real por parte de los modelos.

Haciendo una comparación detallada, se puede apreciar una superioridad del modelo que utiliza shocks de petróleo como condicionante (CCAPM-oil) por sobre el modelo CCAPM-cay. Además, dicho modelo es incluso superior que el modelo FF, el cual lideraba en cuanto a ajuste en pruebas dentro de la muestra. Este resultado es sumamente relevante, ya que muestra que en la práctica los modelos que usan petróleo para estimar el retorno de las acciones tienen validez real y pueden ser incluso superiores a modelos utilizados comúnmente en la práctica.

Otro resultado que se aprecia es que el modelo que usa shocks desfasados no tiene un gran ajuste fuera de la muestra, lo que le quita cierta credibilidad. Por otro lado, los modelos CCAPM-oil, FF y CCAPM-cay tienen errores de orden similar para las distintas fechas fuera de la muestra, sin embargo, el modelo CCAPM-oil desfasado obtiene buenos ajustes cuando a los otros no les va tan bien, pero malos ajustes cuando los otros se acercan más al valor real.

---

<sup>22</sup> Se podría pensar que el  $R^2$  tiene que ver el ajuste de la calibración, pero se quiere hacer hincapié en que se trata del  $R^2$  de los 25 portafolios fuera de la muestra.

Tabla 6.12: Validación: Pruebas fuera de la muestra

Fecha Fuera de Muestra	Error Cuadrático Medio				$R^2$			
	CCAPM- cay	CCAPM- oil	CCAPM- oilD	FF	CCAPM- cay	CCAPM- oil	CCAPM- oilD	FF
Q1-2002	18,5	14,6	476,7	9,8	0,165	0,362	0,477	0,463
Q2-2002	13,2	10,5	356,2	6,4	0,272	0,428	0,356	0,360
Q3-2002	6,9	6,3	87,2	6,1	0,280	0,268	0,087	0,152
Q4-2002	4,4	2,7	89,2	2,5	0,005	0,063	0,089	0,090
Q1-2003	40,4	28,4	59,2	24,7	0,004	0,018	0,059	0,059
Q2-2003	3,3	3,8	35,9	3,8	0,230	0,160	0,036	0,102
Q3-2003	184,7	143,1	70,9	148,4	0,371	0,435	0,071	0,215
Q4-2003	2,6	3,4	469,7	3,0	0,250	0,448	0,470	0,588
Q1-2004	59,2	45,8	260,1	49,6	0,282	0,456	0,260	0,359
Q2-2004	79,7	53,2	2,4	63,2	0,020	0,019	0,002	0,000
Q3-2004	26,5	17,7	142,1	19,7	0,013	0,039	0,142	0,129
Q4-2004	2,2	3,1	77,8	2,9	0,169	0,255	0,078	0,126
Q1-2005	89,8	58,3	11,3	60,1	0,002	0,000	0,011	0,027
Q2-2005	49,6	33,8	83,1	32,7	0,101	0,148	0,083	0,142
Q3-2005	9,1	5,8	134,7	5,4	0,229	0,133	0,135	0,139
Q4-2005	44,7	29,3	76,5	27,0	0,082	0,063	0,077	0,166
Q1-2006	4,6	3,6	160,3	3,5	0,354	0,302	0,160	0,197
Q2-2006	74,6	49,5	22,7	49,7	0,001	0,001	0,023	0,062
Q3-2006	114,5	72,9	67,4	74,8	0,089	0,152	0,067	0,045
Q4-2006	1,8	2,2	312,7	2,1	0,328	0,388	0,313	0,539
Promedio	41,5	29,4	149,8	29,8	0,162	0,207	0,150	0,198

Nota.- Ver la nota de la Tabla 6.3. El error cuadrático medio está representado como valor decimal (no como %) al igual que el  $R^2$ . La fecha fuera de muestra se refiere a la fecha en la que se prueban los resultados de la calibración.

Estos resultados son sumamente importantes, ya que una cualidad deseable en los modelos de valorización de activos es que sean capaces de pronosticar datos fuera de la muestra. Este tipo de ajuste permite ver la aplicabilidad real de los modelos, y en este caso el modelo CCAPM-oil probó ser una muy buena alternativa, y que para los datos utilizados es incluso superior a FF en este tipo de pruebas.

## 7. INTUICIÓN DE LOS PREMIOS POR RIESGO Y LA RAZÓN DE SHARPE

Una vez demostrado el ajuste superior de los modelos condicionales por sobre los incondicionales, es necesario analizar cómo se comportan los premios por riesgo de dichas especificaciones y ver cómo éstos se ven afectados a través de la inclusión de una variable condicionante.

Como se vio en la sección 2, la representación de los modelos condicionales a través del factor de descuento es la siguiente:

$$\mathbb{E}_t[(a_t + b_t f_{t+1})R_{t+1}^i] = 1 \quad (7.1)$$

Desarrollando dicha expresión y usando que  $R_{f,t+1} = 1/\mathbb{E}[m_{t+1}]$  se llega a:

$$\mathbb{E}_t[R_{t+1}^i] - R_{f,t+1} = -R_{f,t+1} \cdot cov_t[m_{t+1}, R_{t+1}^i] \quad (7.2)$$

Expandiendo la covarianza condicional y reordenando se llega a

$$\frac{\mathbb{E}_t[R_{t+1}^i] - R_{f,t+1}}{\sigma_t[R_{t+1}^i]} = -R_{f,t+1} \cdot \sigma_t[m_{t+1}] \cdot \rho_t[m_{t+1}, R_{t+1}^i] \quad (7.3)$$

El término de la izquierda de la igualdad representa el premio por riesgo “condicional” del activo  $i$  ajustado por su volatilidad, ya que la esperanza y volatilidad están condicionadas a la información que se conoce en  $t$ . Dicho término depende de la tasa libre de riesgo, la volatilidad condicional del factor estocástico de descuento ( $\sigma_t[m_{t+1}]$ ) y la correlación condicional entre el activo  $i$  y el factor estocástico de descuento ( $\rho_t[m_{t+1}, R_{t+1}^i]$ ).

### 7.1. Razón de Sharpe

La expresión (7.3) representa la Razón de Sharpe cuando el activo  $i$  es el portafolio de mercado. Definimos entonces

$$SR_t = \frac{\mathbb{E}_t[R_{t+1}^W] - R_{f,t+1}}{\sigma_t[R_{t+1}^W]} = -R_{f,t+1} \cdot \sigma_t[m_{t+1}] \cdot \rho_t[m_{t+1}, R_{t+1}^W] \quad (7.4)$$

Para este caso la correlación debería ser 1 y si suponemos que la tasa libre de riesgo es constante se obtiene.

$$SR_t = -R_f \cdot b_t \cdot \sigma_t[f_{t+1}] \quad (7.5)$$

Donde  $f_{t+1}$  serían los shocks de consumo. Es sabido que la volatilidad del consumo es muy pequeña y prácticamente constante, luego no es un supuesto muy fuerte decir que  $\sigma_t[f_{t+1}]$  es constante. Con esto tenemos que  $b_t$  es el único término que hace que la Razón de Sharpe condicional cambie en el tiempo. Además, por (2.11) sabemos que para el modelo propuesto se tiene que

$$b_t = b_0 + b_1 \Delta s_t \quad (7.6)$$

Donde  $b_0$  y  $b_1$  son constantes. Esto implicaría que la Razón de Sharpe condicional depende linealmente de los shocks de petróleo. Esto queda en evidencia cuando se reemplaza (7.6) en (7.5)

$$SR_t = -R_f \cdot b_0 \cdot \sigma_t[f_{t+1}] - (R_f \cdot b_1 \cdot \sigma_t[f_{t+1}]) \cdot \Delta s_t \quad (7.7)$$

Otro punto importante es analizar si la forma en que los shocks de petróleo afectan la Razón de Sharpe va de acorde a lo que han planteado otros estudios. Es de común acuerdo que la Razón de Sharpe debiese ser alta para períodos de recesiones y baja (incluso negativa) en las expansiones económicas<sup>23</sup>. Siguiendo los cálculos que se muestran en el Anexo 1, se obtiene el valor de la constante  $b_1 = -33873 < 0$  para el período de tiempo estudiado. Considerando que tanto la tasa libre de riesgo como la volatilidad del factor son positivas, podemos tener una intuición acerca de qué pasa con la Razón de Sharpe cuando hay un shock positivo o negativo de petróleo. Primero, suponiendo que sube el precio del petróleo, el término  $-(R_f \cdot b_1 \cdot \sigma_t[f_{t+1}]) \cdot \Delta s_t$  sería positivo, lo que provocaría un aumento en la Razón de Sharpe. Por otro lado, si hay una baja en el precio del petróleo, dicho término sería negativo, lo que haría que la razón de Sharpe disminuyera.

---

<sup>23</sup> Estudios que corroboran esto son Lettau y Ludvigson (2007) y Whitelaw (1997)

Pero, ¿Cómo saber si la Razón de Sharpe se está moviendo en el sentido que se esperaba? Recordando los resultados de la sección 3 de este trabajo, vemos que los aumentos de precio del petróleo (shocks positivos) predecían las recesiones y en cierta medida las disminuciones (shocks negativos) anticipaban las expansiones económicas. Es por esto que se esperaría que para shocks positivos aumentara la Razón de Sharpe y para shocks negativos disminuyera, que es exactamente a lo que se llega con la ecuación (7.7).

Otra forma de interpretar lo anterior es diciendo que  $-R_f \cdot b_t$  es la aversión al riesgo<sup>24</sup>, luego cuando sube el precio del petróleo aumenta la aversión al riesgo y cuando disminuye el precio del petróleo, la aversión disminuye. Esto tiene bastante sentido si se piensa que en períodos de recesión se espera que la gente aumente su aversión al riesgo, mientras que en expansiones económicas se espera que la aversión disminuya.

Todo esto muestra la consistencia del modelo propuesto y a la vez permite ver en forma simple e intuitiva cómo el petróleo impacta los premios por riesgo y los hace variar en el tiempo.

## 7.2. Análisis de los Beta

Otro punto digno de analizar es que los betas asociados a los modelos condicionales no tienen la misma forma que los betas de los modelos incondicionales. En estos últimos, el beta es determinado a través de la correlación simple entre el retorno y un determinado factor (llámese retorno del mercado o cambio en el consumo) en forma incondicional. Para el caso de los modelos condicionales, esta correlación está influenciada por la variable condicionante la que la escala o condiciona dicho valor, lo que permite tener betas variables.

Haciendo un paralelo con FF, es necesario que la inclusión de una variable condicionante explique el premio extra que obtienen acciones con una mayor

---

<sup>24</sup> En Cochrane (2005) se muestra que si se asume una función de utilidad  $u(c) = (c_t)^{1-\gamma}/(1-\gamma)$ , la Razón de Sharpe se puede aproximar como la aversión al riesgo ( $\gamma$ ) por la volatilidad del consumo.

razón libro-bolsa. Esta propiedad se desprendería de que los portafolios *value*<sup>25</sup> son más riesgosos que los portafolios *growth*, pero no por su correlación incondicional con un determinado factor como plantea FF, sino que por su correlación condicional que se manifiesta debido al uso de una variable condicionante. Los portafolios *value* están más correlacionados con un determinado factor (crecimiento del consumo o retorno del mercado) cuando la aversión al riesgo es alta (esto ocurre porque se espera un mal momento económico debido a un valor alto en la variable condicionante). Por el contrario, dichos portafolios tienen una menor correlación con ese factor cuando la aversión al riesgo es baja (esto ocurre porque se espera un buen momento económico debido a un bajo valor de la variable condicionante).

Para verificar lo anterior, se sigue a Lettau y Ludvigson (2001b) donde se calculan los betas condicionales. Para lograr dicho cálculo, es necesario basarse en la regresión que se hace en la serie de tiempo que se hace para cada portafolio:

$$R_{t+1}^i = \alpha_i + \beta_{i,z}z_t + \beta_{i,f}f_{t+1} + \beta_{i,fz}z_t f_{t+1} + \epsilon_t^i, \quad i = 1, \dots, n \quad (7.8)$$

Donde  $f$  es el factor y  $z$  es la variable condicionante. Reemplazando esta ecuación en (7.2), se puede llegar a una expresión para el beta condicional:

$$B_{t+1}^i \equiv \beta_{i,f} + \beta_{i,fz}z_t \quad (7.9)$$

Como se puede apreciar en (7.4), la correlación condicional depende directamente de la variable condicionante y por lo mismo su valor es variable en el tiempo.

Una forma de ver como varían los betas dependiendo del ciclo económico, es definiendo el conjunto de estados que se esperan de la economía como  $s$ , donde  $s = \{bueno, malo\}$ . Así, se puede calcular el beta condicional promedio para cada uno de estos estados:

$$B_s^i \equiv \beta_{i,f} + \beta_{i,fz}\bar{z}_s \quad (7.10)$$

---

<sup>25</sup> Los portafolios *value* son los con una alta razón libro-bolsa, mientras que los portafolios *growth* son los con una baja razón libro-bolsa

Donde  $\bar{z}_s$  es el promedio de la variable condicionante para el estado  $s$  que se espera de la economía. Un estado bueno de la economía se define como un trimestre donde el valor de la variable condicionante esta por lo menos una desviación estándar más abajo que su media, mientras que un estado malo de la economía se entiende como un trimestre donde la variable condicionante tiene un valor que está por lo menos una desviación estándar por sobre su media.

En la tabla 7.1 se muestran los valores de los betas condicionales promedio de cada portafolio para los modelos que usan como factor el consumo. Además se muestran los betas promedio de cada portafolio para los dos posibles estados que se definieron para la economía. Para poder establecer comparaciones, se agregan los betas del CCAPM. Es importante notar que estos últimos son constantes en el tiempo y no son un promedio como es el caso de los modelos condicionales.

Los datos muestran un patrón que se esperaba y que explica en cierta medida el mayor riesgo que se les atribuye a las acciones *value*. Para el caso del CCAPM-oil y el CCAPM-cay se da la lógica que para una misma categoría de tamaño, los portafolios *value* tienen un mayor beta que los *growth* cuando se espera un estado malo, efecto que se invierte para un estado bueno.

Otro efecto que se debería cumplir es que los portafolios *value* están más correlacionados con el consumo cuando se esperan tiempos malos, que cuando se esperan que estos sean buenos. Esto es bastante más claro para el modelo CCAPM-oil que para los otros dos. Por último, se esperaría lo contrario a lo anterior para los portafolios *growth*, es decir, que los betas sean menores cuando se esperan tiempos malos. Este efecto está mejor incorporado por los modelos CCAPM-cay y CCAPM-oilD.

Tabla 7.1: Betas condicionales

Portafolio	CCAPM	CCAPM-cay			CCAPM-oil			CCAPM-oilD			
		Todos Estados	Estado Bueno	Estado Malo	Todos Estados	Estado Bueno	Estado Malo	Todos Estados	Estado Bueno	Estado Malo	
S1	B1	3.82	4.94	5.05	4.83	4.44	2.91	5.97	3.91	9.07	-1.27
	B2	4.32	5.49	4.41	6.63	4.58	1.89	7.27	4.52	8.69	0.33
	B3	3.56	4.56	3.73	5.43	3.53	0.27	6.80	3.78	7.61	-0.06
	B4	3.84	4.82	3.71	5.98	3.77	0.63	6.92	4.09	7.88	0.28
	B5	4.08	5.15	3.46	6.93	3.77	0.16	7.39	4.39	10.12	-1.35
S2	B1	3.53	4.80	7.57	1.89	4.20	3.73	4.66	3.41	6.48	0.34
	B2	2.89	3.93	4.30	3.54	3.18	1.64	4.72	3.08	7.17	-1.02
	B3	3.28	4.25	5.24	3.21	3.41	1.73	5.10	3.36	5.04	1.68
	B4	3.27	4.37	4.10	4.65	3.18	0.85	5.51	3.59	6.91	0.26
	B5	4.06	4.88	5.43	4.30	3.81	0.21	7.41	4.22	6.58	1.86
S3	B1	2.76	3.99	8.51	-0.75	3.50	5.42	1.58	2.49	4.43	0.55
	B2	2.96	3.98	5.86	2.02	3.22	2.26	4.19	3.01	5.91	0.10
	B3	2.82	3.81	4.39	3.20	2.79	1.60	3.97	2.96	5.55	0.36
	B4	2.68	3.57	5.59	1.46	2.72	1.32	4.12	2.74	3.85	1.62
	B5	3.06	3.81	4.92	2.66	2.94	1.18	4.70	3.34	7.16	-0.50
S4	B1	2.11	3.15	7.28	-1.17	2.85	3.74	1.97	1.73	2.92	0.54
	B2	3.06	4.01	7.42	0.43	3.27	2.62	3.93	3.12	5.99	0.25
	B3	2.15	2.90	5.22	0.47	2.26	1.48	3.04	2.21	4.50	-0.08
	B4	2.19	2.82	5.47	0.04	2.39	2.08	2.70	2.32	3.63	1.00
	B5	3.06	3.91	5.11	2.66	3.43	3.01	3.86	3.04	5.32	0.75
S5	B1	2.73	3.70	8.21	-1.02	3.31	6.80	-0.19	2.45	5.22	-0.32
	B2	2.40	3.32	6.51	-0.02	2.56	2.98	2.15	2.22	4.66	-0.24
	B3	2.88	3.66	7.19	-0.04	2.96	3.83	2.08	2.91	5.93	-0.12
	B4	2.14	2.82	6.45	-0.97	2.26	3.31	1.21	2.33	6.25	-1.61
	B5	3.61	4.44	6.08	2.72	3.39	3.93	2.84	3.45	5.89	1.00

Nota.- La Tabla muestra estimaciones para  $\beta$  siguiendo la metodología de Fama-MacBeth y utilizando los datos especificados en la sección 4.1.

## 8. CONCLUSIONES

La valorización de activos ha sufrido grandes cambios en los últimos años, debido a la evidencia que han ido exponiendo distintos investigadores. Un avance importante dentro de esta área de las finanzas fue la elaboración de modelos condicionales, los cuales permiten combinar ajuste con sustento teórico. Siguiendo esta línea, en este trabajo se plantearon versiones condicionales del CAPM y CCAPM donde la variable condicionante es el cambio en los precios del petróleo. Esta decisión se toma debido a que esta variable es capaz de anticipar los movimientos de la economía, permitiendo que los inversionistas tengan una idea de lo que va a ocurrir en el futuro. La pregunta que surge es ¿por qué los cambios en el precio del petróleo son capaces de anticipar el ciclo económico? La respuesta a esto es simplemente porque el precio del petróleo provoca cambios importantes tanto a nivel macroeconómico como a nivel microeconómico. Estos cambios son múltiples y van desde las presiones inflacionarias que pueden provocar cambios en la política monetaria, hasta la influencia en la política energética de las empresas.

En cuanto a los modelos que se proponen en este trabajo, se pudo ver que no se quedan sólo en sólidos argumentos teóricos, sino que su aplicación empírica resultó ser sumamente satisfactoria. Los modelos condicionales del CAPM y CCAPM propuestos, logran ajustes en la sección transversal superiores a sus versiones incondicionales. Las pruebas dentro de la muestra mostraron al modelo CCAPM que usa los shocks de petróleo como condicionante como uno de los modelos con el mejor ajuste, casi igualando lo logrado por el modelo de tres factores de Fama y French y por encima del modelo condicional de Lettau y Ludvigson. Por último, las pruebas fuera de la muestra son claras cuando muestran que el modelo mencionado presenta el menor error de todos, mostrando que su implementación en la práctica es absolutamente viable.

Otro punto importante a favor del modelo CCAPM condicional propuesto, es la estabilidad que mostró en las distintas pruebas hechas. Sus parámetros estimados se mantuvieron significativos y sin cambiar mucho, a diferencia de modelos como el de tres factores de Fama y French que muchas veces mantenía una alta significancia y

ajuste, pero obteniendo resultados muy poco razonables (como tasas cero-beta muy altas y cambios en el signo de sus estimadores).

En definitiva, este trabajo muestra la eficacia teórica y práctica de los modelos condicionales, pero más importante aún, rescata al petróleo como una variable sumamente importante en la valorización de activos. Se demostró que la influencia de los shocks de petróleo, que hasta el momento sólo había sido analizada a nivel macroeconómico, puede ser llevada a un nivel microeconómico, donde juega un rol fundamental que no había sido notado previamente.

Más allá de las contribuciones hechas, existen ciertas alternativas y extensiones que se podrían hacer al trabajo realizado. Primero, si bien la contribución principal de este trabajo es recomendar la utilización del petróleo como variable condicionante, puede haber otras variables que sean buenas alternativas. Ejemplos de variables que se han utilizado son la razón consumo bienestar  $\widehat{cay}$  (la cual fue extensamente analizada en este trabajo), el spread entre bonos de corto y mediano vencimiento, la razón precio dividendo, el *housing-collateral ratio* (Lustig y Van Nieuwerburgh, 2004) y la razón entre el ingreso y el consumo (Santos y Varonesi, 2006), entre otras. La gran ventaja del petróleo por sobre estas otras variables es su clara influencia teórica y empírica, además de que es una variable observable y de la cual se pueden obtener gran cantidad de datos. En este trabajo se prioriza la metodología propuesta por Fama y McBeth (1973) principalmente por la estructura de los datos utilizados. Al utilizar datos trimestrales y haber separado los retornos en 25 portafolios, se tiene que la muestra en la serie de tiempo es pequeña en relación a la muestra en la sección transversal. Esto hace que dicha metodología se ajuste mejor a los datos que otras posibilidades como la metodología GMM (*generalized method of moments*) de segunda etapa, la cual necesita una serie de tiempo bastante más extensa. En todo caso, ésta última se podría implementar para datos medidos a nivel mensual.

Otra extensión interesante, es separar los shocks de oferta de los de demanda, ya que su efecto en las acciones debería ser distinto. Por un lado, los shocks positivos que se deben a una disminución en la oferta deberían afectar negativamente a las acciones, sin

embargo, un shock positivo debido a un aumento en la demanda, quiere decir que las empresas están demandando más, lo que no necesariamente tendría un efecto negativo en las acciones. Al separar estos dos efectos, se podría analizar cuál es más fuerte y en qué sentido influyen el precio de las acciones. Un trabajo que apunta en esta dirección es el de Kilian (2007).

**BIBLIOGRAFÍA**

- Banz, R. W. (1981). The Relationship Between Return and Market Value of Common Stocks. *Journal of Financial Economics* , 9, no. 1, 3-18.
- Barsky, R. B., & Kilian, L. (2004). Oil and the Macroeconomy Since the 1970's. *Journal of Economic Perspectives* , 18, no. 4, 115-134.
- Basu, S. (1977). Investment Performance of Common Stocks in Relation to Their Price-Earning Ratios: A Test of the Efficient Market Hypothesis. *Journal of Finance* , 12, no. 3, 129-156.
- Berk, J. B., Green, R. C., & Naik, V. (1999). Optimal Investment, Growth Options, and Security Returns. *Journal of Finance* , 54(5), 1553-1607.
- Bhandari, L. C. (1988). Debt/Equity Ratio and Expected Common Stock Returns: Empirical Evidence. *Journal of Finance* , 43 (2), 507-528.
- Black, F. (1972). Capital Market Equilibrium With Restricted Borrowing. *Journal of Business* , 45, 444-455.
- Black, F., Jensen, M. C., & Scholes, M. (1972). The Capital Asset Pricing Model: Some Empirical Tests. *Studies in the Theory of Capital Markets* , 79-121.
- Blume, M., & Friend, I. (1973). A New Look at the Capital Asset Pricing Model. *Journal of Finance* , 28, no. 1, 19-33.
- Breeden, D. T. (1979). An Intertemporal Asset Pricing Model with Stochastic Consumption and Investment Opportunities. *Journal of Financial Economics* , 7, 265-296.
- Breeden, D. T., & Litzenberger, R. H. (1978). Prices of State-Contingent Claims Implicit in Option Prices. *Journal of Business* , 51(4), 621-651.
- Brennan, M. J., & Xia, Y. (2005). *tay's as Good as cay*. *Finance Research Letters* , 2(1), 1-14.
- Bresnahan, T. F., & Ramey, V. A. (1993). Segments Shifts and Capacity Utilization in the U.S. Automobile Industry. *American Economic Review Papers and Proceedings* , 83, no. 2, 213-218.
- Burbidge, J., & Harrison, A. (1984). Testing for the Effects of Oil-Price Rises Using Vector Autoregressions. *International Economic Review* , 25, 459-484.

- Campbell, J. Y. (1991). A Variance Decomposition for Stock Returns. *Economic Journal* , 101, 157-179.
- Campbell, J. Y., & Shiller, R. J. (1988). The Dividend-Price Ratio and Expectations of Future Dividends and Discount Factors. *Review of Financial Studies* , 1, 195-228.
- Campbell, J. Y., Lo, A. W., & MacKinlay, A. C. (1997). *The Econometrics of Financial Markets*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Carlson, M. D., Fisher, A. J., & Giammarino, R. (2004). Corporate Investment and Asset Price Dynamics: Implications for the Cross-Section of Returns. *Journal of Finance* , 59(6), 2577-2603.
- Carruth, A. A., Hooker, M. A., & Oswald, A. J. (1998). Unemployment Equilibria and Input Prices: Theory and Evidence from the U.S. *Review of Economics and Statistics* , 80, 621-628.
- Chen, N.-F., Roll, R., & Ross, S. A. (1986). Economic Forces and the Stock Market. *Journal of Business* , 59, no. 3, 383-403.
- Cochrane, J. H. (2005). *Asset Pricing*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Cooper, I. (2006). Asset Pricing Implications of Nonconvex Adjustment Cost and Irreversibility of Investment. *Journal of Finance* , 61(1), 139-170.
- Cuñado, J., & Pérez de Gracia, F. (2003). Do Oil Price Shocks Matter? Evidence from Some European Countries. *Energy Economics* , 25, 137-154.
- Daniel, B. C. (1997). International Interdependence of Nation Growth Rates: A Structural Trends Analysis. *Journal of Monetary Economics* , 40, 73-96.
- Fama, E. F., & French, K. R. (1989). Business Conditions and Expected Returns on Stocks and Bonds. *Journal of Financial Economics* , 25, 23-49.
- Fama, E. F., & French, K. R. (1993). Common Risk Factors in the Returns on Stock and Bonds. *Journal of Financial Economics* , 33 (1), 3-56.
- Fama, E. F., & French, K. R. (1988). Dividend Yields and Expected Stock Returns. *Journal of Financial Economics* , 22, 3-25.
- Fama, E. F., & French, K. R. (1996). Multifactor Explanations of Asset Prices Anomalies. *Journal of Finance* , 51, 55-84.

- Fama, E. F., & French, K. R. (1992). The Cross-Section of Expected Stock Returns. *Journal of Finance* , 47 (2), 427-465.
- Fama, E., & MacBeth, J. D. (1973). Risk, Return and Equilibrium: Empirical Tests. *Journal of Political Economy* , 81, 607-636.
- Fama, E., & McBeth, J. D. (1973). Risk, Return and Equilibrium: Empirical Tests. *Journal of Political Economy* , 81, 607-636.
- Ferderer, J. P. (1996). Oil Price Volatility and the Macroeconomy: A Solution to the Asymmetry Puzzle. *Journal of Macroeconomics* , 18, 1-16.
- Ferson, W. E., & Harvey, C. (1999). Conditioning Variables and the Cross Section of Stock Returns. *Journal of Finance* , 54, 1325-1360.
- Finn, M. G. (2000). Perfect Competition and the Effects of Energy Price Increases on Economic Activity. *Journal of Money, Credit and Banking* , 32, 400-416.
- Finn, M. G. (1995). Variance Properties of Solow's Productivity Residual and their Cyclical Implications. *Journal of Economic Dynamics and Control* , 19, 1249-1281.
- Friend, I., & Blume, M. (1970). Measurement of Portfolio Performance Under Uncertainty. *American Economic Review* , 60, no. 4, 607-636.
- Gisser, M., & Goodwin, T. H. (1986). Crude Oil and the Macroeconomy: Test of Some Popular Notions. *Journal of Money, Credit and Banking* , 18, 95-103.
- Gomes, J. F., Kogan, L., & Zhang, L. (2003). Equilibrium Cross Section of Returns. *Journal of Political Economy* , 111(4), 693-732.
- Hamilton, J. D. (1985). Historical Causes of Postwar Oil Shocks and Recessions. *Energy Journal* , 6, 97-116.
- Hamilton, J. D. (1983). Oil and the Macroeconomy Since World War II. *Journal of Political Economy*, 91 , 228-248.
- Hamilton, J. D. (2003). What is an Oil Shock? *Journal of Econometrics* , 113, 363-398.
- Hansen, L. P., & Singleton, K. J. (1983). Stochastic Consumption, Risk Aversion, and Temporal Behavior of Asset Returns. *Journal of Political Economy* , 91(2), 249-265.
- Hodrick, R. J. (1992). Dividend Yields and Expected Stocks Returns: Alternative Procedures for Inference and Measurement. *Review of Financial Studies* , 5, no. 3, 357-386.

- Huang, R. D., Masulis, R. W., & Stoll, H. R. (1996). Energy Shocks and Financial Markets. *Journal of Futures Markets* , 16, 1-27.
- Jagannathan, R., & Wang, Z. (1998). An Asymptotic Theory for Estimating Beta-Pricing Models Using Cross-Sectional Regression. *Journal of Finance* , 53, 1285-1309.
- Jagannathan, R., & Wang, Z. (1996). The Conditional CAPM and the Cross-Section of Expected Returns. *Journal of Finance* , 51, 3-53.
- Jiménez-Rodríguez, R., & Sánchez, M. (2005). Oil Price Shocks and Real GDP Growth: Empirical Evidence for Some OECD Countries. *Applied Economics* , 37 (2), 201-228.
- Jones, C. M., & Kaul, G. (1996). Oil and the Stock Markets. *Journal of Finance* , 51, no. 2, 463-491.
- Kilian, L. (2007). Not All Oil Price Shocks Are Alike: Disentangling Demand and Supply Shocks in the Crude Oil Market. *American Economic Review* , forthcoming.
- Lamont, O. (1998). Earnings and Expected Returns. *Journal of Finance* , 53, 1563-1587.
- Lee, K., & Ni, S. (2002). On the Dynamic Effects of Oil Price Shocks: A Study Using Industry Level Data. *Journal of Monetary Economics* , 49, 823-852.
- Lee, K., Ni, S., & Ratti, R. A. (1995). Oil Shocks and the Macroeconomy: The Role of Price Variability. *Energy Journal* , 16, 39-56.
- Lettau, M., & Ludvigson, S. C. (2007). Measuring and Modeling Variation in the Risk-Return Tradeoff. *Forthcoming Handbook of Financial Econometrics* .
- Lettau, M., & Ludvigson, S. (2001a). Consumption, Aggregate Wealth, and Expected Stock Returns. *Journal of Finance* , 56, 815-849.
- Lettau, M., & Ludvigson, S. (2001b). Resurrecting the (C)CAPM: A Cross-Sectional Test When Risk Premia Are Time-Varying. *Journal of Political Economy* , 109, no. 6, 1238-1284.
- Lettau, M., & Ludvigson, S. (2005a). Expected Returns and Expected Dividend Growth. *Journal of Financial Economics* , 76(3), 583-626.
- Lettau, M., & Ludvigson, S. (2005b). tay's as Good as cay: Reply. *Research Finance Letters* , 2(1), 15-22.
- Lewellen, J., & Nagel, S. (2006). The Conditional CAPM does not Explain Asset-Pricing Anomalies. *Journal of Financial Economics* , 82, 289-314.

- Lewellen, J., Nagel, S., & Shanken, J. (2008). A Skeptical Appraisal of Asset-Pricing Tests. *NBER, Working Paper* .
- Lintner, J. (1965). Security Prices, Risk and Maximal Gains from Diversification. *Journal of Finance* , 20, 587-615.
- Lustig, H., & Van Nieuwerburgh, S. (2004). Housing collateral, consumption insurance, and risk premia. *Journal of Finance* , 60(3), 1167-1221.
- Mankiw, N. G., & Shapiro, M. D. (1986). Risk and Return: Consumption Beta Versus Market Beta. *Review of Economics and Statistics* , 68(3), 452-459.
- Mork, K. A., Olsen, O., & Mysen, H. T. (1994). Macroeconomic Responses to Oil Price Increases and Decreases in Seven OECD Countries. *Energy Journal* , 15, no. 4, 19-35.
- Mossin, J. (1966). Equilibrium in a Capital Asset Market. *Econometrica* , 34(4), 768-783.
- Nanda, M., & Faff, R. (2008). Does Oil Move Equity Prices? A Global View. *Energy Economics* , 30, 986-997.
- Raymond, J. E., & Rich, R. W. (1997). Oil and the Macroeconomy: A Markov State-Switching Approach. *Journal of Money, Credit and Banking* , 29, 193-213. Erratum 29 (November, Part 1), 555.
- Roll, R., & Ross, S. A. (1984). The Arbitrage Pricing Theory Approach to Strategic Portfolio Planning. *Financial Analysis Journal* , 40, 14-25.
- Ross, S. A. (1976). The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing. *Journal of Economic Theory* , 13 (3), 341-360.
- Rotemberg, J. J., & Woodford, M. (1996). Imperfect Competition and the Effects of Energy Prices Increases. *Journal of Money, Credit and Banking* , 28, no. 4 (part 1), 549-577.
- Sadorsky, P. (1999). Oil Price Shocks and Stock Market Activity. *Energy Economics* , 21, 449-469.
- Santini, D. J. (1985). The Energy-Squeeze Model: Energy Price Dynamics in the U.S. Business Cycles. *International Journal of Energy Systems* , 5, 18-25.
- Santos, T., & Varonesi, P. (2006). Labor income and predictable stock returns. *Review of Financial Studies* , 19, 1-44.

Shanken, J. (1992). On the Estimation of Beta-Pricing Models. *Review of Financial Studies* , 5, no. 1, 1-33.

Sharpe, W. F. (1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk. *Journal of Finance* , 19, 425-442.

Stambaugh, R. F. (1982). On the Exclusion of Assets From Tests of the Two-Parameter Model: A Sensitivity Analysis. *Journal of Financial Economics* , 10, no. 3, 237-268.

Tobin, J. (1958). Liquidity Preference as Behavior Towards Risk. *Review of Economic Studies* , 25(2), 65-86.

Whitelaw, R. F. (1997). Time Varying Sharpe Ratios and Market Timing. *Working Paper, New York University* .

Zhang, L. (2005). The Value Premium. *Journal of Finance* , 60(1), 67-103.

**ANEXOS**

## Anexo A: Relación Entre las Constantes del Factor de Descuento Estocástico y la Representación Beta

De acuerdo con lo expuesto en la sección 2 de este trabajo, los modelos de valorización de activos pueden ser expresados en su representación del factor de descuento o en su representación beta. La representación a través del factor de descuento de los modelos condicionales es la siguiente:

$$\mathbb{E}_t[R_{t+1}(a_t + b_t f_{t+1})] = 1 \quad (\text{A.1})$$

Donde  $R_{t+1}$  es el retorno en  $t + 1$  y  $f_{t+1}$  es el factor que utiliza el modelo. Usando las ecuaciones (2.11), se llega a:

$$\mathbb{E}_t[R_{t+1}(a_0 + a_1 z_t + b_0 f_{t+1} + b_1 z_t f_{t+1})] = 1 \quad (\text{A.2})$$

Aplicando esperanza incondicional a la expresión anterior y desarrollando se llega a la siguiente ecuación

$$\begin{aligned} \mathbb{E}[R_{t+1}] = & \gamma_t + \left( \frac{\text{cov}(R_{t+1}, z_t)}{\text{var}(z_t)} \right) \left( \frac{-a_1 \cdot \text{var}(z_t)}{\gamma_t^{-1}} \right) + \left( \frac{\text{cov}(R_{t+1}, f_{t+1})}{\text{var}(f_{t+1})} \right) \left( \frac{-b_0 \cdot \text{var}(f_{t+1})}{\gamma_t^{-1}} \right) + \\ & \left( \frac{\text{cov}(R_{t+1}, z_t f_{t+1})}{\text{var}(z_t f_{t+1})} \right) \left( \frac{-b_1 \cdot \text{var}(z_t f_{t+1})}{\gamma_t^{-1}} \right) \end{aligned} \quad (\text{A.3})$$

Donde  $\gamma_t = \frac{1}{a_0 + a_1 z_t + b_0 \mathbb{E}[f_{t+1}] + b_1 \mathbb{E}[z_t f_{t+1}]}$

Por otro lado, los estimadores que se obtienen cuando se implementa la metodología de Fama-MacBeth son los  $\lambda$ 's y  $\beta$ 's que aparecen en la representación beta planteada en la ecuación (2.12). Igualando estas dos expresiones se puede llegar a una relación directa entre las constantes  $(a_0, a_1, b_0, b_1)$  y  $(\gamma_t, \lambda_z, \lambda_f, \lambda_{zf})$ <sup>26</sup>

$$\begin{aligned} \gamma_t &= \frac{1}{a_0 + a_1 z_t + b_0 \mathbb{E}[f_{t+1}] + b_1 \mathbb{E}[z_t f_{t+1}]} \\ \lambda_z &= \frac{-a_1 \text{var}(z_t)}{a_0 + a_1 z_t + b_0 \mathbb{E}[f_{t+1}] + b_1 \mathbb{E}[z_t f_{t+1}]} \end{aligned}$$

<sup>26</sup> En la ecuación (2.12) aparece  $R^W$  en vez de  $f$ , esto es porque  $R^W$  es un ejemplo de un factor. En definitiva es equivalente referirse a  $R^W$  o  $f$ , sin embargo hablar de  $f$  es más general.

$$\lambda_f = \frac{-b_0 \text{var}(f_{t+1})}{a_0 + a_1 z_t + b_0 \mathbb{E}[f_{t+1}] + b_1 \mathbb{E}[z_t f_{t+1}]}$$

$$\lambda_{zf} = \frac{-b_1 \text{var}(z_t f_{t+1})}{a_0 + a_1 z_t + b_0 \mathbb{E}[f_{t+1}] + b_1 \mathbb{E}[z_t f_{t+1}]} \quad (\text{A.4})$$

Despejando en el otro sentido:

$$a_0 = \frac{1}{\gamma_t} \left( 1 + \frac{\lambda_z \mathbb{E}[z_t]}{\text{var}(z_t)} + \frac{\lambda_f \mathbb{E}[f_{t+1}]}{\text{var}(f_{t+1})} + \frac{\lambda_{zf} \mathbb{E}[f_{t+1} z_t]}{\text{var}(z_t f_{t+1})} \right)$$

$$a_1 = \frac{-\lambda_z}{\gamma_t \cdot \text{var}(z_t)}$$

$$b_0 = \frac{-\lambda_f}{\gamma_t \cdot \text{var}(f_{t+1})}$$

$$b_1 = \frac{-\lambda_{zf}}{\gamma_t \cdot \text{var}(f_{t+1} z_t)} \quad (\text{A.5})$$

Con lo que se conectan estas dos representaciones.