

V. El Modelo de Fijación de Precio de los Activos de Capital (CAPM): Teoría y Evidencia Empírica en Venezuela

Urbi Garay *

Fundamentos Teóricos del CAPM

El desarrollo del CAPM le debe mucho a Harry Markowitz, quien en 1952 publicó su famoso artículo "*Portfolio selection*". Este trabajo argüía que los inversores exigen mayores retornos sobre las inversiones riesgosas, y es considerado como pionero en el campo de la economía por cuanto incluye al riesgo como un elemento cuantitativo, el cual se puede medir como la diferencia entre el rendimiento que el inversionista obtiene por sus inversiones y aquél que éste esperaba recibir. Así, una acción riesgosa, o un portafolio riesgoso, es sencillamente aquél para el cual los retornos tiendan a ser muy variables, es decir, aquél para el cual la desviación estándar de los rendimientos sea alta. Igualmente, Markowitz observó que para que un inversionista lograra reducir el riesgo de sus inversiones no bastaba con que diversificara su portafolio. Era, además, necesario que las correlaciones entre los rendimientos de los activos incluidos en ese portafolio fuesen menores a uno. Un ejemplo extremo —y casi imposible de encontrar en el mundo real— es el de un portafolio conformado por dos activos cuyos rendimientos se encuentren perfecta y negativamente correlacionados, en cuyo caso el portafolio estará libre de riesgo.

Según Markowitz, lo que el inversor debe hacer es calcular las correlaciones —las covarianzas, para ser más exactos— entre los retornos pasados de los activos que conforman el portafolio, y el retorno promedio devengado por cada acción. De esta forma, el inversionista está en capacidad de elaborar *portafolios eficientes*, es decir, aquéllos que en el pasado fueron capaces de proporcionar el mayor rendimiento para un nivel de riesgo dado. Una vez definido el grupo de portafolios eficientes, el inversor se decidirá por uno u otro dependiendo de su deseo por el riesgo.

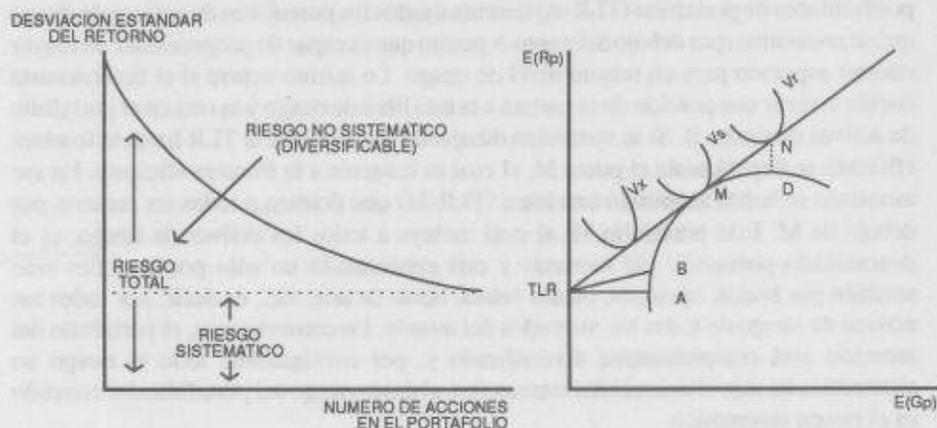
* El autor desea expresar su agradecimiento a Eduardo Ortiz, Luis Zambrano, Matías Riutort, Sonia Di Giannatale y Eduardo Zambrano por sus valiosos comentarios. Cualquier error u omisión es de mi exclusiva responsabilidad.

En lugar de fijarse en las covarianzas entre las acciones del portafolio, el CAPM emplea un ingenioso método que clasifica el riesgo de invertir en una acción en dos partes: sistemático y no sistemático. El primero de estos riesgos, también llamado riesgo de mercado, examina cuán correlacionado se encuentra el retorno de una determinada acción en relación al mercado y es medido por Beta. Este tipo de riesgo surge de factores, generalmente de tipo macroeconómico, tales como la inflación, las tasas de interés, y otros que afectan simultáneamente a todas las empresas. Que el Beta de una acción sea igual a uno significa que el precio de la misma tiende a crecer, por ejemplo, un 5% por cada 5% que el mercado crezca. Este tipo de acción es definida como de riesgo promedio. Por otro lado, una acción (o portafolio de acciones) que tenga un Beta de 2 será el doble de volátil que el mercado. En lo que respecta al Beta de un portafolio, éste se puede calcular como un promedio de las betas de las acciones incluidas en ese portafolio ponderado por la participación de cada una de las acciones dentro del mismo. En cuanto al riesgo no sistemático, el mismo consiste en la variación no explicada por el riesgo sistemático, siendo ésta atribuible a factores específicos de la compañía —huelgas, terremotos, etc.—. Esta discriminación es muy importante puesto que en una cartera diversificada los riesgos no sistemáticos de cada acción se cancelan unos a otros. Esta relación se puede apreciar en el Gráfico N° 1: al aumentar el número de acciones en el portafolio el riesgo no sistemático o diversificable se reduce, mientras que el riesgo sistemático permanece invariable. En la medida en que el grado de correlación entre los rendimientos de las acciones esté más alejado de +1 y se acerque más a -1, se requerirá de un menor número de las mismas dentro de la cartera para disminuir el riesgo no sistemático.

Los principales supuestos del CAPM son, según Black, Jensen y Scholes (1970), los siguientes:...se asume que (1) todos los inversores maximizan su riqueza en un período único de tiempo y que tienen aversión al riesgo, pudiendo elegir entre portafolios exclusivamente en base a su media (R_p) y a su varianza (σ_p), (2) no existen ni impuestos ni costos de transacción, (3) las expectativas de todos los inversionistas son homogéneas en lo que concierne a los parámetros de la única distribución de probabilidades de los retornos de todos los valores, y (4) todos los inversionistas pueden endeudarse o prestar a una tasa libre de riesgo que es dada". Todos estos supuestos pueden ser relajados sin alterar en forma importante las implicaciones del modelo. El otro supuesto necesario del CAPM consiste en asumir que las tasas de interés son constantes y que no existe inflación (o que ésta es completamente anticipada).

Un factor de gran importancia dentro del CAPM es la existencia de un *activo libre de riesgo* (ALR), es decir, de uno tal que su correlación con el resto de los activos de riesgo sea cero y que, adicionalmente, devengue un retorno cercano a la tasa libre de riesgo (TLR)². Igualmente, la desviación estándar de los retornos es cero para un activo

2 El "Zero-Beta Model" ideado por Black (1972) no requiere de un activo libre de riesgo en su desarrollo. Black señala que dentro del conjunto de portafolios alternativos posibles habrá algunos cuyos betas con el portafolio del mercado sea cero. En este caso, la ordenada en el origen no será la tasa libre de riesgo sino que será el retorno esperado del portafolio cuyo beta es cero, el cual es razonable pensar será mayor que la TLR.



libre de riesgo puesto que la tasa de rendimiento esperada por invertir en éste es conocida con certeza. Supóngase que el inversionista combina en su portafolio a un activo libre de riesgo con activos de riesgo. El valor esperado del rendimiento del portafolio será:

$$E(\sigma_p) = \text{PALR} (\text{TLR}) + (1-\text{PALR}) E(\text{Ri}) \quad (1)$$

en donde:

PALR = proporción del portafolio invertida en el activo libre de riesgo.

$E(\text{Ri})$ = tasa esperada de rendimiento sobre los activos de riesgo i incluidos en el portafolio.

La desviación estándar de los retornos del portafolio será:

$$E(\sigma_p) = (1-\text{PALR}) \sigma_i^3 \quad (2)$$

Como se puede apreciar, la desviación estándar de un portafolio que combine un activo libre de riesgo con un portafolio de activos de riesgo es la proporción lineal de la desviación estándar del portafolio de activos de riesgo. El Gráfico N° 2 muestra los distintos portafolios que se pueden construir al combinar el activo libre de riesgo con carteras conformadas por activos de riesgo. La línea curva AD está constituida por los portafolios eficientes de Markowitz y es denominada la *frontera eficiente*. Su determinación y forma pueden ser deducidas de la siguiente manera: si el inversionista decide colocar una parte de su portafolio en el activo libre de riesgo y la restante $(1-\text{PALR})$ en la cartera A, la cual está constituida exclusivamente por activos de riesgo, el

3 La deducción de esta fórmula aparece en el Apéndice A (véase p. 111).

inversor se ubicará en algún punto a lo largo de la línea TLR-A. Este conjunto de posibilidades de portafolio (TLR-A) domina a todos los portafolios de activos de riesgo que se encuentren por debajo del punto A puesto que es capaz de proporcionar un mayor retorno esperado para un mismo nivel de riesgo. Lo mismo ocurre si el inversionista decide invertir una porción de su cartera a la tasa libre de riesgo y la otra en el portafolio de activos de riesgo B. Si se continúan dibujando líneas desde la TLR hasta la frontera eficiente se llegará hasta el punto M, el cual es tangente a la frontera eficiente. En ese momento se habrá alcanzado una línea (TLR-M) que domina a todas las carteras por debajo de M. Este portafolio M, el cual incluye a todos los activos de riesgo, es el denominado *portafolio del mercado* y está conformado no sólo por acciones sino también por bonos, opciones, bienes raíces, obras de arte, etc., es decir, por todos los activos de riesgo de todos los mercados del mundo. En consecuencia, el portafolio del mercado está completamente diversificado y, por consiguiente, todo el riesgo no sistemático ha sido eliminado del mismo. Así, el único riesgo del portafolio del mercado es el riesgo sistemático.

Es posible que un inversionista esté dispuesto a aceptar un mayor riesgo si puede esperar rendimientos mayores a los disponibles en el punto M (nuevamente en el Gráfico N° 2). Una primera posibilidad sería invertir en uno de los portafolios de activos de riesgo ubicados en la frontera eficiente más allá del portafolio M, como por ejemplo el portafolio D. La segunda alternativa sería que el inversionista se endeudara a la tasa libre de riesgo e invirtiera en un portafolio tal como el N. El Gráfico N° 3 ilustra lo que ocurriría si se asume que los inversionistas pueden prestar o endeudarse a la tasa libre de riesgo. En este caso, la nueva frontera eficiente sería la línea que parte desde la TLR

Gráfico N° 3

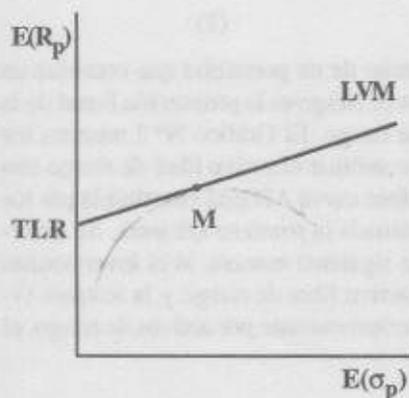
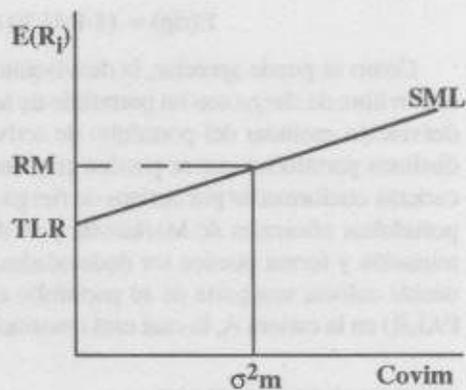


Gráfico N° 4



y que es tangente al punto M. Esta línea es conocida como la *Línea de Valores del Mercado Global* (LVM). Todos los portafolios situados en la LVM están perfectamente y positivamente correlacionados, lo cual significa que se encuentran perfectamente correlacionados con el portafolio del mercado (M). Dada la existencia de la Línea de Valores del Mercado Global, cada persona debería invertir en el mismo portafolio de activos de riesgo, es decir, en el portafolio del mercado. La única diferencia radicaría en la decisión de financiamiento que cada uno de esos inversionistas haría, la cual dependería de su comportamiento frente al riesgo.

En el ámbito de la LVM la medida relevante del riesgo de un activo de riesgo es su covarianza con el portafolio del mercado (Covim), siendo esta covarianza el riesgo sistemático de ese activo. El Gráfico N° 4 muestra esta relación riesgo-rendimiento. La línea SML (*Línea de Valores del Mercado*) muestra el rendimiento exigido sobre una determinada inversión como la tasa libre de riesgo (TLR) más una prima de riesgo exigida por los inversionistas para compensarlos por asumir el riesgo. La covarianza del mercado consigo mismo es la varianza de la tasa de rendimiento del mercado: $COVIM = \sigma_m^2$. Esto es debido a que la covarianza de cualquier activo consigo mismo es su varianza. La ecuación para esta línea es:

$$E(R_i) = TLR + \left(\frac{R_m - TLR}{\sigma_m^2} \right) (Covim) \quad (3)$$

en donde:

R_m = retorno del portafolio del mercado,

σ_m = varianza de los retornos del mercado.

$$= TLR + \frac{Covim}{\sigma_m} (R_m - TLR) \quad (4)$$

$\frac{Covim}{\sigma_m} = \text{Beta } (B_i)$, entonces:

$$E(R_i) = TLR + B_i(R_m - TLR) \quad (5)$$

4 A este respecto W. Sharpe (1991) señala: ...El CAPM denota que todos los valores y portafolios se ubicarán a lo largo de esa línea (SML). Muchos arguirán que esta relación es la más importante conclusión individual derivada del CAPM. *Ella muestra que los retornos esperados se relacionarán linealmente con el riesgo del mercado, pero no, como frecuentemente se piensa, con el riesgo total* (el subrayado es mío). En equilibrio, todos los activos y todos los portafolios deben encontrarse en la SML. En otras palabras, todos los activos deberían encontrarse valorados de tal forma que sus tasas requeridas de retorno sean cónsonas con sus riesgos sistemáticos. Esta conclusión es razonable sólo si los mercados son eficientes. Si el mercado no es completamente eficiente, algunos activos podrían encontrarse sobrevaluados y algunos otros subvaluados debido a que no todos los inversionistas estarían en conocimiento de toda la información relevante sobre los activos del mercado.

Así, se tiene que Beta es la medida estandarizada del riesgo sistemático debido a que la covarianza de un activo cualquiera con el portafolio del mercado se encuentra estandarizada por la varianza del portafolio del mercado. Esta ecuación es muy importante puesto que permite estimar el rendimiento requerido o exigido por invertir en una determinada acción i . La ecuación (5) establece que el retorno requerido por invertir en el activo de riesgo i está determinado por la TLR más una prima por riesgo que es igual a la diferencia entre el rendimiento del mercado y la tasa de riesgo. Además, esta prima por riesgo es una función del riesgo sistemático de i . Por ejemplo, supóngase que la Tasa Libre de Riesgo estimada para el próximo año es 15% anual y que el retorno estimado del mercado es 20% anual. Entonces, la prima por riesgo sería igual a 5% (20%-15%=5%). Supóngase que el riesgo sistemático (Beta) de invertir en un activo de riesgo «Z» ha sido calculado y es igual a 1,3; esperándose que en el futuro ese riesgo sistemático se mantenga a esos niveles. Con estos datos, es posible calcular el valor esperado del retorno requerido por invertir en el activo de riesgo "Z", o sea, $E(R_i)$. Así, $E(R_i) = 15 + 1,3*(20-15) = 21,5\%$ anual. Esto significa que una persona invertirá en el activo de riesgo "Z" sólo si la tasa de rendimiento esperada por esa inversión es superior o igual a 21,5% al año.

En un mercado en equilibrio, todos los activos o portafolios de activos deberían situarse en la LVM. Si alguno de ellos se encontrara ubicado por encima de la LVM, se consideraría como subvaluado; mientras que si se estuviese por debajo de la LVM podría ser considerado como sobrevaluado.

Metodología

Para contrastar empíricamente el CAPM en Venezuela se decidió aplicar el modelo a datos suministrados por la Bolsa de Valores de Caracas (BVC) empleando los retornos de las 16 acciones más negociadas en la misma durante los últimos cinco años. Las 16 acciones son, en orden alfabético: Arrendadora Banvenez, Banco de Venezuela, Banco Mercantil, Banco Provincial, Banco Venezolano de Crédito, Cerámica Carabobo, Cervecera Nacional, Corimon "A", Electricidad de Caracas, Mantex, Sivensa, Sociedad Financiera de Venezuela (Fivenez), Sudamtex "A", Telares de Palo Grande, Vencemos y Venepal "A". Si bien hubiese sido deseable haber incluido una mayor cantidad de acciones en el estudio, el escaso número de operaciones y los bajos volúmenes negociados del resto de las acciones inscritas en la BVC lo impide⁵. El período de estudio es el comprendido entre enero de 1988 y diciembre de 1992, es decir, está constituido por 60 meses. Aunque habría sido preferible emplear un período de tiempo más extenso, el escaso número de operaciones en acciones llevadas a cabo antes de 1988 podría afectar inadecuadamente los resultados del estudio.

5 Una cantidad nada desestimable de las acciones inscritas en la BVC se negocian sólo esporádicamente. Además, no todas las acciones que se negocian en la Bolsa de Valores de Caracas ofrecen el mismo grado de liquidez; algunas de ellas no se han transado con regularidad durante los últimos años.

El precio de cada una de las acciones para cada uno de los meses es el del cierre correspondiente al último día de operaciones de cada mes (esta información aparece en el Anexo N° 1) ⁶. Cuando una acción determinada no se negoció en ese último día, el precio de cierre del mes es el correspondiente al último día en el cual dicha acción se negoció. En lo que respecta al portafolio del mercado, ya se señaló anteriormente que este debería incluir no solamente títulos valores, sino también, bienes raíces, activos de riesgo de otros países, opciones, etc. ponderados por su valor de mercado. Aunque este concepto de portafolio de mercado es aceptable en teoría, es prácticamente imposible emplearlo al intentar contrastar empíricamente el CAPM ⁷. En consecuencia, lo único que se puede hacer es seleccionar una variable proxy del portafolio del mercado asumiendo que su evolución está altamente correlacionada con el verdadero portafolio del mercado. Los diferentes estudios empíricos que se han llevado a cabo sobre el CAPM emplean algún índice bursátil como representativo del portafolio del mercado. En los Estados Unidos se suele emplear a la variación del "Standard & Poor's 500", el cual incluye 500 acciones, la mayoría de las cuales se cotizan en la Bolsa de Valores de Nueva York. En el presente estudio se escogió como proxy del retorno del portafolio del mercado a la variación del Índice Bursátil Caracas (IBC), el cual es calculado diariamente por la Bolsa de Valores de Caracas ⁸.

Cuando se acreditan dividendos en acciones, se cambia el valor nominal de una acción o se producen aumentos de capital, el precio de la acción es ajustado con la finalidad de que los precios futuros de la misma puedan ser adecuadamente comparados con los precios pasados. Así, el rendimiento de cada una de las acciones es la variación intermensual en el precio ajustado de cada una de ellas. Igual metodología es empleada al calcular el Índice Bursátil Caracas con la finalidad de que dicho índice pueda ser comparado entre dos fechas. Sin embargo, tanto los rendimientos de las acciones como los del IBC no han sido ajustados cuando se reparten dividendos en efectivo ⁹ Estos precios ajustados para cada acción y, por lo tanto, comparables durante los 60 meses del período de estudio, son mostrados en el Anexo N° 2.

6 Los precios que aparecen en los anexos 1 y 2 (véase p. 114 y 115 respectivamente) han sido redondeados para poder ser expresados en números enteros. Esto se hizo por razones de comodidad, debido a la gran cantidad de cifras que conlleva cada una de esas tablas.

7 Aunque la mayoría de los economistas han reconocido que esta deficiencia del CAPM no es seria, otros como R. Roll (1977) sostienen que, por el contrario, podría acarrear serias implicaciones, especialmente al momento de evaluar el desempeño de los inversionistas.

8 Este Índice de Precios, cuya base es Enero de 1971, está conformado por una cartera de diecisiete acciones. Aunque su valor no se calcula ponderando las acciones por el valor de mercado de la compañía respectiva, a las principales acciones se les asigna un peso relativo mayor. Por ejemplo, La Electricidad de Caracas, que ha sido la acción más negociada durante estos últimos años, posee un peso relativo de 3. Las acciones del Banco Venezolano de Crédito, que son consideradas como de nivel medio en cuanto a volúmenes transados, tienen un peso relativo de 2. Finalmente, a las acciones de las compañías menos negociadas les corresponde un peso relativo de 1.

Aún cuando se han llevado a cabo numerosos estudios empíricos sobre el CAPM, las más importantes preguntas a responder son dos. La **primera** debería contestar si, durante períodos de tiempo extensos, rendimientos altos han estado asociados a riesgos sistemáticos (betas) mayores, es decir, debería determinar si existe o no una relación lineal positiva entre Beta y el rendimiento por invertir en activos de riesgo. En **segundo lugar**, es necesario indagar cuán estable es Beta, es decir, cuán estable es la medida del riesgo sistemático. Este examen es de gran importancia debido a que permitiría conocer si los betas pasados pueden ser empleados para estimar los betas futuros. Es bueno acotar que aunque hubiese sido deseable haber empleado un mayor número de acciones y un período de tiempo más amplio, las razones explicadas anteriormente lo impidieron. Es por ello que estos primeros resultados deben ser aceptados con cautela.

Evidencia Empírica

Para verificar económicamente la ecuación (5), se puede asumir un mecanismo generador del retorno de mercado de la siguiente forma:

$$R_{it} = a_{i0} + \beta_i R_{mt} + e_{it} \quad (6)$$

en donde:

t = tiempo (meses)

a_{i0} = ordenada en el origen y β_i = Beta;

R_{it} , R_{mt} = tasas de retorno en el i-ésimo activo y en el portafolio de mercado;

e_{it} = término de perturbación.

El anterior modelo de regresión es conocido como la *Línea característica* entre el i-ésimo activo y el portafolio de mercado ¹¹.

Para responder la primera pregunta, se procedió de la siguiente manera. En primer lugar, se estimaron los betas de cada una de las dieciséis acciones por medio de la ecuación de la Línea Característica (cuadro N° 1). Con un nivel de significación del 1%, el valor del estadístico t es significativo en todas las regresiones con la excepción de la

9 Un estudio llevado a cabo en los Estados Unidos por G. Cooper y W. Sharpe (1972) concluyó que los resultados obtenidos al evaluar el CAPM incluyendo y sin incluir los dividendos en efectivo se correlacionan en 0,99.

10 La deducción de esta fórmula aparece en el Apéndice B.

11 Sobre esta relación Sharpe (1991) señala: ... Aun cuando el CAPM no establece restricciones en la correlación entre los términos de perturbación, sí restringe el valor de la ordenada en el origen (a_{i0}). Dado que el valor esperado de los términos de perturbación es cero, la LVM exige que cada ordenada en el origen esté directamente relacionada con el valor de Beta para cada activo i. El valor esperado de la ecuación (6) es: $E(R_{it}) = a_{i0} + \beta_i E(R_{mt})$. Una comparación con (5) implica que: $a_{i0} = (1 - \beta_i) TLR$. Así, el CAPM implica que: $R_{it} = (1 - \beta_i) TLR + \beta_i R_{mt} + e_{it}$.

correspondiente a la acción "Cervecería Nacional". Esta derivación es importante debido a que verifica que empíricamente los rendimientos del mercado influyen en los retornos de 15 de las 16 acciones. Además, la ordenada en el origen para cada una de las 16 acciones es estadísticamente igual a cero con un nivel de significación del 5%. Para poder contrastar el CAPM, se procedió de la siguiente manera. A partir de los betas calculados para cada una de las acciones, se construyeron cuatro portafolios conformados por

Cuadro N° 1

ACCION	ORDENADA EN EL ORIGEN	BETA	T	R ²	D-W
Arrendadora Banvenez	-0,701	0,969	6,480	0,420	2,512 c
Banco de Venezuela	2,940	0,682	4,454	0,255	1,953 a
Banco Mercantil	1,413	0,878	7,291	0,478	2,764 c
Banco Provincial	1,789	0,829	8,244	0,540	2,016 a
Banco Venezolano de Crédito	1,673	0,662	5,745	0,363	2,074 a
Cerámica Carabobo	2,102	0,453	2,910	0,127	2,652 c
Cervera Nacional	9,443	1,088	1,852	0,056	2,173 a
Corimon "A"	0,276	1,299	10,189	0,642	1,914 a
Electricidad de Caracas	5,141	1,210	6,156	0,395	1,797 a
Mantex	2,449	0,896	4,627	0,270	2,399 b
Sivensa	0,816	1,046	4,966	0,298	2,490 c
S.F. de Venezuela (Fivenez)	3,454	1,233	4,434	0,253	2,439 b
Sudamtex "A"	-0,498	1,473	7,819	0,513	2,802 c
Telares de Palo Grande	-2,562	0,816	5,113	0,311	2,126 a
Vencemos	0,727	1,139	7,052	0,462	1,717 a
Venepal "A"	-0,864	0,963	8,092	0,530	2,080 a

a: Con un nivel de significación del 5% no se puede rechazar la hipótesis de no autorrelación serial.

b: " el contraste de hipótesis de no autorrealización no es concluyente.

c: " se rechaza la hipótesis de no autocorrelación serial.

t: t de Student.

R²: Coeficiente de determinación.

D-W: Coeficiente de Durbin-Watson (autocorrelación).

b) Regresiones con autocorrelación corregidas por el método Cochrane-Orcutt

ACCION	ORDENADA EN EL ORIGEN	BETA	T	R ²	D-W
Arrendadora Banvenez	-1,037	1,038	7,848	0,1323	2,107 9
Banco de Venezuela	2,940	0,682	4,454	0,1531	1,953 3
Banco Mercantil	1,276	0,921	9,616	0,0957	2,028 7
Banco Provincial	1,789	0,829	8,244	0,540	2,016 5
Banco Venezolano de Crédito	1,673	0,662	5,745	0,363	2,074 2
Cerámica Carabobo	2,073	0,442	3,386	0,220	2,087 1
Cervera Nacional	9,443	1,088	1,852	0,056	2,173 10
Corimon "A"	0,276	1,299	10,189	0,642	1,914 15
Electricidad de Caracas	5,141	1,210	6,156	0,395	1,797 13
Mantex	2,449	0,896	4,627	0,270	2,399 6
Sivensa	0,765	1,046	5,600	0,347	2,033 11
S.F. de Venezuela (Fivenez)	3,454	1,233	4,434	0,253	2,439 14
Sudamtex "A"	-0,279	1,403	9,500	0,592	2,121 16
Telares de Palo Grande	-2,562	0,816	5,113	0,311	2,126 4
Vencemos	0,727	1,139	7,052	0,462	1,717 12
Venepal "A"	-0,864	0,963	8,092	0,530	2,080 8

cuatro acciones —igualmente ponderadas— cada uno. Los retornos y los betas promedio de cada uno de los portafolios, R_{pm} y β_{pm} respectivamente, se calculan de la siguiente forma:

$$R_{pm} = \sum P_i R_i \quad ; \quad \text{para } m = 1,2,3,4 \text{ e } i=1,2,3,4 \quad (7)$$

$$\beta_{pm} = \sum P_i \beta_i \quad ; \quad \text{para } m = 1,2,3,4 \text{ e } i=1,2,3,4 \quad (8)$$

en donde:

P_i = participación de cada acción dentro del portafolio. Dado que en el presente estudio cada cartera está conformada por cuatro acciones y dado que a cada acción se le fijó el mismo peso dentro del portafolio, el valor de P_i es de 0,25 para cada i .

El primer portafolio (primera estrategia) contiene el primer cuartil de acciones con betas más bajos, el segundo portafolio está constituido por las segundas cuatro acciones con los siguientes betas más bajos, y así sucesivamente hasta completar el cuarto portafolio. El haber empleado este procedimiento de agrupar las acciones en portafolios

se debe a que, tal como se señaló en la parte teórica del CAPM, los portafolios pueden reducir sustancialmente el riesgo no sistemático o diversificable ¹². En consecuencia, de acuerdo con el CAPM los rendimientos de estos cuatro portafolios deberían estar íntimamente ligados a su riesgo sistemático. El Cuadro N° 2 muestra lo que habría pasado si un inversionista hubiese seguido alguna de las cuatro estrategias y los gráficos N° 5,6,7 y 8 las Líneas Características de cada uno de los cuatro portafolios. En el eje de las ordenadas aparece el rendimiento registrado por cada una de las cuatro estrategias entre enero de 1988 y diciembre de 1992, mientras que en el eje de las abscisas se colocó al rendimiento del mercado (medido como la variación porcentual mensual del Índice Bursátil Caracas). Durante el período de estudio de sesenta meses las estrategias (o portafolios) 1 y 2 fueron menos riesgosas que el mercado agregado, a juzgar por los valores de sus betas. También se puede apreciar que los datos observados se ajustan aceptablemente a cada una de las Líneas Características. En cambio, en el caso de la Estrategia 3, que es más volátil (riesgosa) que el mercado, la Línea Característica no se ajusta muy bien a los valores observados. No así en la Estrategia 4, la más riesgosa de todas, cuya Línea Característica se ajusta muy bien a los datos observados. Tal como se pudo apreciar, las acciones con mayores betas tendieron a devengar mayores rendimientos. En efecto, al hacer una regresión lineal entre los retornos de los portafolios y sus betas se obtuvo que:¹³

$$R_p = -0,31 + 2,961\beta_p; R^2 = 0,88 \quad (9)$$

$$t = (3,835)$$

Cuadro N° 2	Estrat. 1 -	Estrat. 2 -	Estrat. 3 -	Estrat. 4
-Retorno Promedio (% mensual)	1,585	2,633	2,483	3,660
Beta	0,651	0,902	1,078	1,286

12. Un examen inicial de las acciones que se cotizan en la Bolsa de Valores de Caracas muestra que el grado de correlación entre sus retornos es bastante bajo, sobre todo si se comparan con los existentes entre las acciones que se cotizan en otros mercados del mundo. Esto significa que se requiere un menor número de activos en un portafolio conformado por acciones de la BVC para reducir el riesgo no sistemático.

13. El número de observaciones de la regresión es de sólo cuatro, debido a que el número de portafolios construidos es también de cuatro.

Gráfico N° 5: Estrategia N° 1

$$y = .657x + .996 \quad R\text{-squared: } .614$$

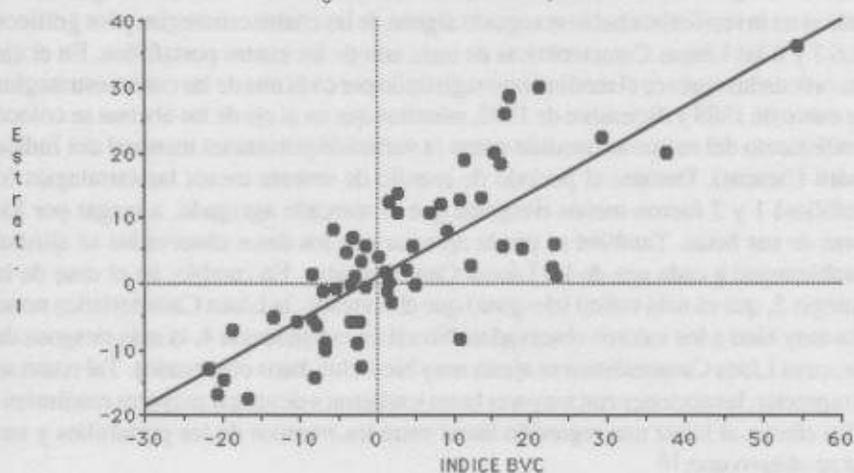


Gráfico N° 6: Estrategia N° 2

$$y = .892x + 1.205 \quad R\text{-squared: } .728$$

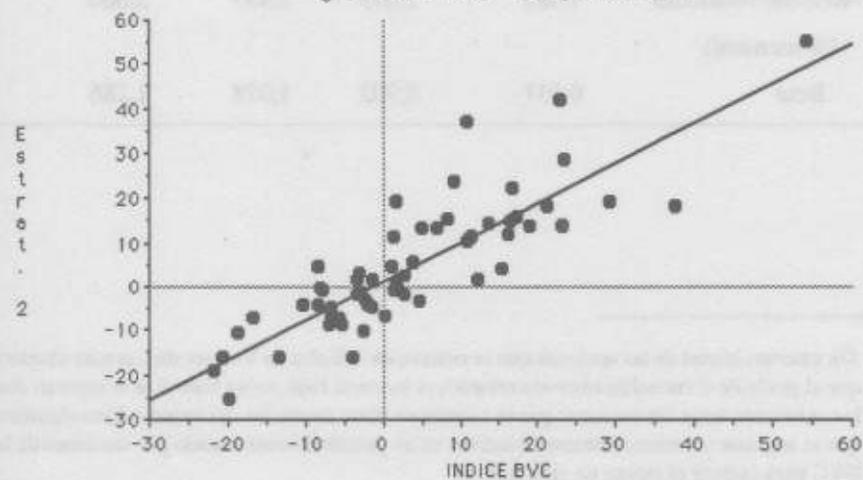


Gráfico N° 7: Estrategia N° 3

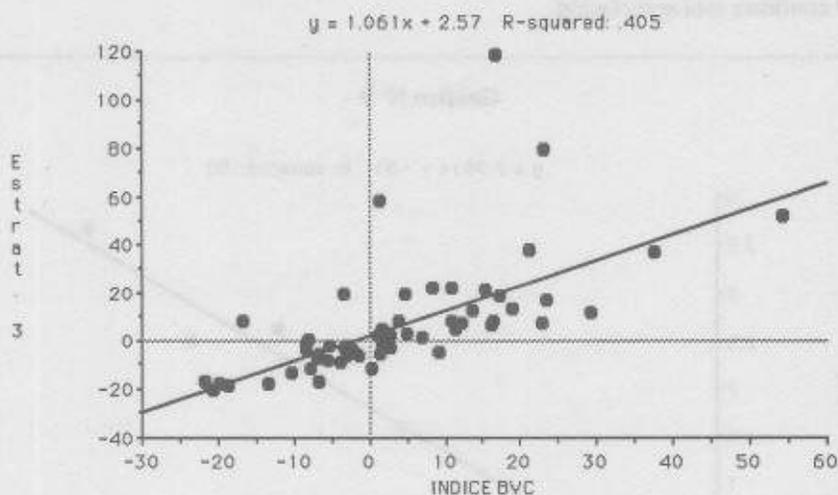
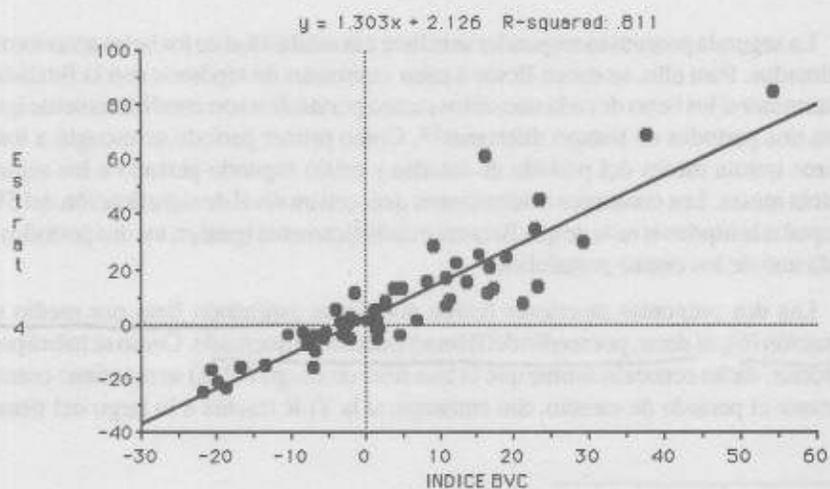
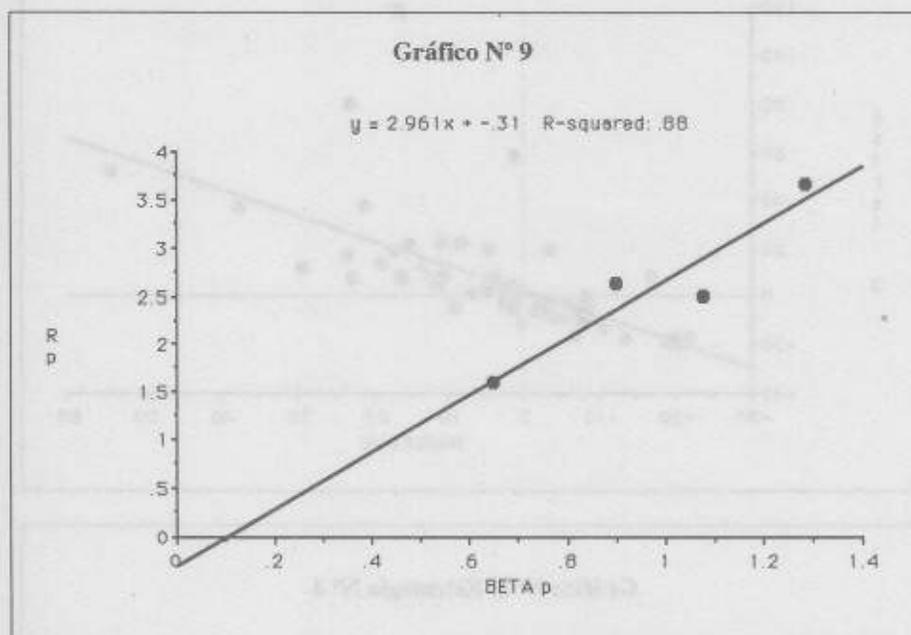


Gráfico N° 8: Estrategia N° 4



Los resultados verifican empíricamente la existencia de una relación positiva entre Beta y el rendimiento de los portafolios y alrededor del 88% de la variación en el rendimiento promedio de los portafolios es explicada por diferencias en Beta. El Gráfico N° 9 confirma esta apreciación.



La segunda pregunta a responder se refiere a la estabilidad de los betas anteriormente estimados. Para ello, se deben llevar a cabo contrastes de hipótesis con la finalidad de determinar si los betas de cada uno de los cuatro portafolios son estadísticamente iguales para dos períodos de tiempo diferentes¹⁴. Como primer período se escogió a los primeros treinta meses del período de estudio y como segundo período a los segundos treinta meses. Los contrastes determinaron que, con un nivel de significación del 5%, se aceptaba la hipótesis nula de que Beta era estadísticamente igual en los dos períodos para cada uno de los cuatro portafolios.

Las dos preguntas anteriores fueron abordadas estimando Beta por medio de la ecuación (6), es decir, por medio del llamado modelo de mercado. Como se habrá podido apreciar, dicha ecuación asume que la tasa libre de riesgo (TLR) se mantiene constante durante el período de estudio. Sin embargo, si la TLR fluctúa a lo largo del tiempo y

14 Para contestar esta segunda pregunta se empleó la Prueba de Chow.

además se encuentra correlacionada con el retorno del mercado ¹⁵, el β_i sería un estimador sesgado del verdadero β_i . Es por ello que se decidió correr la regresión incluyendo a la TLR (mensualizada) como variable explicativa -ecuación (10)-, y correr la ecuación (5) pasando a la izquierda a la variable TLR -ecuación (11)- ¹⁶:

$$R_{it} = a_{i0} + \beta_i R_{mt} + f TLR + fit \quad (10)$$

$$R_{it} - TLR = \beta_i(R_{mt} - TLR) + g_{it} \quad (11)$$

en donde:

fit, g_{it} = términos de perturbación.

Los resultados aparecen en el cuadro N° 3. Se observa que la variable TLR no es significativa en ninguna de las ecuaciones y arroja un signo contrario al esperado en una de ellas. Por otra parte, los betas estimados para cada uno de los portafolios a partir de cualquiera de las tres ecuaciones, además de ser notablemente significativos, son estadísticamente iguales -con un nivel de significación del 5%.

-
15. Es razonable pensar que la tasa libre de riesgo y el retorno del mercado se correlacionen negativamente. Esto se explica porque aumentos en la tasa libre de riesgo tienden a inducir aumentos posteriores en las tasas de interés de la economía. Así, los inversionistas podrían sentirse estimulados a colocar sus inversiones en el mercado financiero en desmedro del mercado bursátil, provocando, en consecuencia, una disminución en los precios de las acciones.
16. Escoger "la" tasa libre de riesgo no es una tarea fácil. En Estados Unidos se suelen emplear a los Certificados del Tesoro (T-bills) como TLR para este tipo de estudios, debido a que la probabilidad de que el gobierno incumpla su pago es considerada cero, dada su capacidad para cobrar impuestos y emitir dinero. En cuanto a su vencimiento, estas obligaciones son de corto plazo (entre tres y doce meses). Debido al escaso desarrollo alcanzado en Venezuela por el mercado secundario de obligaciones públicas (aunque es justo reconocer que esto es menos cierto ahora que hace unos años), se decidió emplear como TLR a la tasa de interés que la Banca Comercial paga sobre los Depósitos a Plazo a 90 días. Esta es una tasa que cumple con la condición de ser de corto plazo y que, aunque estrictamente considerada no sea la TLR, es razonable pensar que se correlaciona altamente con ésta.

Cuadro N° 3

ESTRATEGIA (portafolio)	EDUCAC.	ORDENADA EN EL ORIGEN	BETA	t	COEFICIENTE DE TLR	t	R ²	ESTADIST. F
1	(5)	0,996	0,657	9,607	-	-	0,614	92,287
	(10)	2,326	0,658	9,556	-0,687	-0,493	0,616	45,663
	(11)	-	0,662	9,789	-	-	0,613	-
2	(5)	1,205	0,892	12,452	-	-	0,728	155,056
	(10)	1,228	0,892	12,334	-0,012	-0,008	0,728	76,191
	(11)	-	0,899	12,640	-	-	0,723	-
3	(5)	2,57	1,061	6,282	-	-	0,405	39,466
	(10)	-0,141	1,058	6,215	1,401	0,407	0,407	19,532
	(11)	-	1,079	6,243	-	-	0,389	-

Conclusiones

El presente trabajo ha pretendido estudiar teórica y empíricamente el Modelo de Fijación de Precio de los Activos de Capital (CAPM). Es bueno acotar que las conclusiones a las que se arribó derivan de la utilización de un período de cinco años (sesenta meses), cuando lo ideal hubiese sido llevar a cabo esta investigación a lo largo de un período de tiempo más extenso.¹⁷ No obstante, el hecho de que el rendimiento y el riesgo de los portafolios se relacionaran lineal y positivamente, cuando el riesgo es definido como sistemático, es importante. Por otra parte, sorprende la alta significación del rendimiento del portafolio del mercado—cuyo coeficiente es Beta—en la explicación de los retornos de quince de las diez y seis acciones y de los cuatro portafolios. Además, el rendimiento del portafolio del mercado explicó el retorno de las cuatro estrategias (cuadro 3) de una forma más satisfactoria que el grado en el que explicó el rendimiento de las acciones individuales (cuadro N° 1); a juzgar por los valores de los coeficientes de determinación (R²) obtenidos para ambos casos. Este resultado es consistente con la teoría: al aumentar el número de acciones en un portafolio el riesgo no sistemático (Beta) permanece invariable (gráfico N° 1). Es decir, al aumentar el número de acciones en un portafolio el riesgo sistemático se convierte en el riesgo relevante para el inversionista. Otro resultado valioso fue la comprobación estadística de estabilidad temporal en los betas estimados. Ello es importante sobre todo si se desean hacer predicciones sobre las tasas de rendimiento requeridas futuras, un campo para el cual el CAPM aparenta poseer la mayor de las utilidades.

A pesar de sus defectos y limitaciones, se puede concluir que el CAPM fue capaz de explicar satisfactoriamente la relación rentabilidad-riesgo (sistemático) en la Bolsa de Valores de Caracas entre enero de 1988 y diciembre de 1992. Por otra parte, los betas

17 Dos importantes estudios econométricos sobre el CAPM, el de Black, Jensen y Scholes (1976) y el de Fama y McBeth (1973), exigen el empleo de períodos de tiempo superiores a los cinco años.

estimados para cada una de las dieciséis acciones deben ser empleados con cautela. Lo anterior se debe a que, tal como se expuso en la sección teórica, un inversionista que coloca sus recursos en una sola acción está asumiendo un riesgo no sistemático o diversificable en adición al riesgo sistemático o Beta (el cual no es diversificable). En consecuencia, los betas calculados para esas acciones mantenidas en forma individual —y no en portafolios— podrían resultar distorsionados. Dejamos para una próxima entrega la realización de un examen más detallado sobre esta interrogante.

Apéndices

Apéndice A

Markowitz, en su libro *Portafolio Selection*, derivó la fórmula general para la desviación estándar de un portafolio. La varianza de la misma es:

$$\sigma^2 P = \sum_{i=1}^n P_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n P_i P_j \text{Cov}_{i,j}$$

en donde:

$\sigma^2 p$: varianza del portafolio.

P_i : proporción del portafolio invertida en el activo i .

σ_i^2 : varianza del activo i .

$\text{cov}_{i,j}$: covarianza entre los retornos de los activos i y j .

En el caso de un portafolio constituido por sólo los activos, el valor esperado de la varianza del portafolio es:

$$E(\sigma^2 P) = \text{PALR}^2 \sigma_{AL}^2 + (1 - \text{PALR})^2 \sigma_1^2 + 2 \text{PALR} (1 - \text{PALR})$$

La varianza de un activo libre de riesgo es cero, es decir, $\sigma^2_{ALR} = 0$, y la correlación entre el activo libre de riesgo y cualquier activo de riesgo i , es también igual a cero. Esto es, $r_{ALR, i} = 0$. En consecuencia, la fórmula anterior quedaría:

$$E(\sigma^2 P) = (1 - \text{PALR})^2 \sigma_1^2$$

La desviación estándar es:

$$E(\sigma P) = \sqrt{(1 - \text{PALR})^2 \sigma_1^2} = (1 - \text{PALR}) \sigma_1$$

Apéndice B

$$E(R_i) = TLR + B_i [E(R_m) - TLR] \quad (5)$$

$$E(R_i) = TLR + B_i E(R_m) - B_i TLR$$

$$E(R_i) = (1 - B_i) TLR + B_i E(R_m)$$

Llamemos Aio a $(1 - B_i) TLR$:

$$E(R_i) = Aio + B_i E(R_m)$$

Como el CAPM requiere de la utilización de valores ex-posu observados para las variables, la ecuación anterior queda:

$$R_{it} = a_{io} + B_i R_{mt} + c_{it} \quad (6)$$

Este procedimiento plantea el problema de cómo justificar el contraste empírico de un modelo en términos de valores pasados.

Bibliografía

- Black, Fischer (Julio de 1972). "Capital Market Equilibrium with Restricted Borrowing", *Journal of Business* 45. N° 3.
- Black Fischer, JENSEN Michael y SCHOLLES Myron (1976). "The Capital Asset Pricing Model: Some Empirical Tests" en *Studies in the Theory of Capital Markets*, editado por Michael Jensen. Nueva York: Praeger Publishers.
- Carleton, Willard (1979). "A note on the use of the CAPM for utility rate of return determination", en *TIMS Studies in the Management Sciences* 11. North Holland Publishing Company .
- Fama, Eugene y MACBETH R. (mayo-junio de 1973). "Risk, return, and Equilibrium: Empirical Tests", *Journal of Political Economy* 81. N° 2.
- Lintner, John (diciembre de 1965). "Security Prices, Risk and Maximal Gains from diversification", *Journal of Finance* 20, N° 4.
- Markowitz, Harry (marzo de 1952). "Portfolio Selection", *Journal of Finance*. N° 1.
- Miller, Merton y SCHOLLES Myron (1976). "Rates of Return in Relation to Risk: A Re-Examination of Some Recent Findings" en *Studies in the Theory of Capital Markets*. Editado por Michael Jensen. Nueva York: Praeger.
- Mossin, J. (octubre de 1966). "Equilibrium in a Capital Asset Market". *Econométrica* 34. N° 4.
- Reilly, Frank (1989). *Investment Analysis and Portfolio Management*. Fort Worth: The Dryden Press.

- Roll, Richard (marzo de 1977). "A critique of the Asset Pricing Theory's Tests". *Journal of Financial Economics*. 4 No. 4.
- Sharpe, William (septiembre de 1964). "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk" *Journal of Finance* 19. N° 3.
- Sharpe, William (junio de 1991). "Capital Asset Prices with and without negative holdings". *Journal of Finance* 46, N° 2.

ANEXO N° 1

PRECIO - NEGOCIADO

BOLSA DE CARACAS

ANO	MESES	IND. BVCV	BASE	ABZE	BV	BNE	BIP	BV	CBME.	CC	CIN	COM	REDC	NETK	BV/S	BFV	BTKE	TFPS	VCME	VMP
		13/180									%A.	%A.		%A.			%A.		%A.	
1987	DIC	3929	200	755	760	730	6000	660	660	20	830	108	108	120	183	480	230	338	312	303
	ENE	4358	200	800	863	780	6000	600	600	20	892	138	138	130	187	400	275	400	358	368
	FEB	4764	180	800	873	787	6400	700	600	20	1200	104	104	230	187	475	300	485	303	372
	MAR	4511	180	770	863	693	8000	680	680	20	120	100	100	78	166	440	285	473	303	385
	ABR	4582	180	770	870	684	8000	780	680	20	154	205	205	80	80	360	310	470	273	370
	MAY	4582	180	770	870	684	8000	780	680	20	154	205	205	80	80	360	310	470	273	370
	JUN	4582	180	770	870	684	8000	780	680	20	154	205	205	80	80	360	310	470	273	370
	JUL	3917	175	830	898	670	8300	700	655	155	205	205	205	78	61	320	260	390	323	385
	AUG	3917	175	830	898	670	8300	700	655	155	205	205	205	78	61	320	260	390	323	385
	SEPT	3992	160	900	830	638	8300	800	60	150	137	60	60	55	55	260	240	305	142	265
	OCT	3810	138	880	780	488	8400	480	49	144	161	60	60	59	59	240	160	230	132	265
	NOV	3810	138	880	780	488	8400	480	49	144	161	60	60	59	59	240	160	230	132	265
DIC	3868	170	485	910	545	8900	300	48	139	65	139	139	65	65	230	200	300	135	187	
1988	ENE	4006	82	320	730	570	8300	500	48	175	111	71	71	59	31	300	235	370	180	303
	FEB	4066	92	310	700	390	8400	350	40	140	69	53	53	33	30	300	200	343	115	303
	MAR	3801	70	380	600	400	8400	350	33	130	71	50	50	46	20	300	245	115	206	
	ABR	3824	75	332	580	328	8400	350	32	103	42	48	48	36	20	300	140	235	82	190
	MAY	3759	43	370	435	242	8000	300	31	89	30	40	40	37	150	80	130	110	110	110
	JUN	3759	43	370	435	242	8000	300	31	89	30	40	40	37	150	80	130	110	110	110
	JUL	3112	32	313	400	320	8000	250	37	80	31	21	21	24	120	68	60	100	63	
	AUG	3344	32	323	400	350	8400	250	33	112	34	40	40	34	121	63	68	175	122	
	SEPT	3635	34	318	400	307	8600	250	33	140	33	40	40	34	121	63	68	175	122	
	OCT	3760	28	190	325	221	8100	300	24	141	32	32	32	38	40	120	100	60	210	133
	NOV	3688	30	175	255	215	8400	300	24	136	35	42	42	38	40	120	90	80	268	115
	DIC	3688	31	165	255	205	8400	300	24	136	35	42	42	38	40	120	90	80	268	115
1989	ENE	3497	31	165	255	205	8400	300	24	136	35	42	42	38	40	120	90	80	268	115
	FEB	3772	31	165	255	205	8400	300	24	136	35	42	42	38	40	120	90	80	268	115
	MAR	3818	28	378	344	300	8600	300	23	23	48	47	47	30	280	93	20	32	55	109
	ABR	4704	80	400	380	4700	300	23	23	48	47	47	47	30	280	93	20	32	55	109
	MAY	4791	63	400	441	320	4150	330	38	23	74	23	23	47	235	100	34	84	127	
	JUN	4880	61	1090	440	828	4300	330	32	38	60	60	60	60	34	270	50	40	85	137
	JUL	4880	61	1090	440	828	4300	330	32	38	60	60	60	60	34	270	50	40	85	137
	AUG	6122	93	1325	690	745	8300	450	62	75	126	60	78	430	180	160	160	144	172	
	SEPT	10658	110	1300	690	660	6030	650	118	82	174	116	93	376	225	225	225	152	200	356
	OCT	12387	150	1300	627	7500	700	880	80	286	80	248	138	111	1100	160	138	138	222	246
	NOV	15253	140	1320	1113	1238	8000	731	340	80	248	138	111	1100	160	138	138	222	246	
	DIC	17882	129	8000	1960	3500	17800	650	54	215	430	430	430	430	143	192	207	207	207	
1991	ENE	21237	160	1120	1803	2300	17800	650	54	215	430	430	430	430	143	192	207	207	207	
	FEB	21237	160	1120	1803	2300	17800	650	54	215	430	430	430	430	143	192	207	207	207	
	MAR	21341	140	3412	1850	1785	15740	630	150	40	108	44	70	2300	93	164	164	164		
	ABR	21804	138	3830	1850	1785	15740	630	150	40	108	44	70	2300	93	164	164	164		
	MAY	21804	138	3830	1850	1785	15740	630	150	40	108	44	70	2300	93	164	164	164		
	JUN	21804	138	3830	1850	1785	15740	630	150	40	108	44	70	2300	93	164	164	164		
	JUL	10714	99	3000	1380	1280	11515	600	100	37	108	37	78	2130	384	80	149	189		
	AUG	20448	104	2680	1250	1367	9500	878	59	33	160	33	160	33	72	2320	400	132	174	
	SEPT	23176	106	2700	1000	1407	9500	878	59	33	160	33	160	33	72	2320	400	132	174	
	OCT	27384	129	3000	1498	1498	10200	885	107	47	430	68	131	1912	693	50	171	240		
	NOV	25152	130	3000	1430	1315	13400	661	90	43	480	68	131	1912	693	50	171	240		
	DIC	29317	140	3030	1650	1633	16800	477	89	43	507	73	151	2613	789	50	176	278		
1992	ENE	32775	230	3100	1600	1412	24000	540	80	54	260	54	260	54	166	2032	69	70	183	
	FEB	20511	145	2600	1420	1379	10030	380	84	46	390	59	60	2120	47	66	141	100		
	MAR	27673	142	3000	1365	1228	13900	420	80	47	415	53	33	2150	55	66	143	104		
	ABR	26840	128	2950	1359	1202	16000	420	81	389	26	61	2100	53	37	143	160			
	MAY	26328	118	2785	1370	1455	16000	420	81	389	26	61	2100	53	37	143	160			
	JUN	24243	104	2490	1393	1298	17930	323	80	345	23	40	170	41	40	140	170			
	JUL	24409	97	2450	1380	14200	423	77	25	302	55	63	1390	49	36	184	190			
	AUG	24409	97	2450	1380	14200	423	77	25	302	55	63	1390	49	36	184	190			
	SEPT	25023	80	3850	1280	1195	13098	418	77	26	389	33	22	138	33	22	138	33		
	OCT	19126	65	3875	1200	1151	11740	368	79	21	283	19	23	130	13	12	110	93		
	DIC	19874	65	3580	821	680	11280	357	21	258	18	18	18	18	18	18	18	18		

Fuente: Bolsa de Valores de Caracas, *Anuarios*, 1988-1991Bolsa de Valores de Caracas, *Informes Mensuales*, Enero-Noviembre de 1992.

