

---

### **Resumen**

La década que acaba de terminar se caracterizó porque muchas empresas latinoamericanas aumentaron su capital vía emisión de "American Depositary Receipts" (ADR's), y muchas otras, hoy día, están realizando los trámites requeridos para ingresar al mercado norteamericano. Dada la existencia de posibilidades de arbitraje, el precio de una acción transada en Estados Unidos (ADR), no puede ser muy distinto del precio que tenga en el mercado local (considerando los costos de transacción, tipo de cambio, impuestos, restricciones, entre otros). Por lo tanto, cuando las acciones de una empresa traspasan la frontera nacional, puede verse afectada por cambios en la volatilidad que históricamente tenía ese título en su país.

Palabras clave: volatilidad, GARCH, ADR

### **Abstract**

The last decade was characterized by many Latin American companies increasing their capital by the issue of ADR's (American Depositary Receipts) and now many companies are taking the necessary legal steps to enter the American Market. Due to the arbitration possibilities, the price of the stock in the United States (ADR) cannot be different from the price quoted in the local market (including the transaction cost, rate of exchange, tax, and restrictions, among others). Therefore, when the stocks of a company transfer the national frontier, it can be affected by fluctuations in the national market; therefore, the history of the stock must be considered.

Key words: volatility, GARCH, ADR



*Carlos Díaz Contreras\**  
*Freddy Higuera Cartes\*\**

---

## Emisión de ADR's y modificación en la estructura de volatilidad: Un análisis para Chile, Argentina, Colombia, Brasil, Perú y México

**E**l objetivo de este trabajo es analizar en qué medida el hecho de que una acción transada en Estados Unidos (ADR) genera cambios estructurales en la volatilidad que este título tenía originalmente en su respectivo mercado local (considerando los costos de transacción, tipo de cambio, impuestos, restricciones, entre otras).

Para la estimación de las volatilidades, se usará el *Modelo GARCH* (Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva Generalizada), ya que autores como Nelson (1991), Engle (1993) y otros, señalan que representa la mejor derivación de estimaciones sobre comportamientos históricos de un determinado instrumento financiero, esto debido a que la especificación de las ecuaciones incluye un término de error aproximado, aceptable para la significancia y eficiencia del modelo, la estimación de la varianza y linealidad de los parámetros.

---

\*Académico Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile.

\*\*Académico Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile.

En la primera parte de este trabajo, se explica brevemente el Modelo GARCH. Posteriormente se indica la metodología empleada y los datos usados. En la parte tres, se muestran los resultados. Y en la cuarta parte se señalan las conclusiones.

## Modelos Garch

Para el estudio y análisis de datos históricos, como el comportamiento de una acción, (precio, retorno y volatilidad, entre otros), se recurren a los modelos de series de tiempo, esto implica una revisión total de la interpretación de datos, generacional y muestral. Las series de tiempo se pueden definir como el transcurso temporal de la variable  $y_t$ , a través de la variable  $x_t$  que representa valores históricos, más un término de error  $\epsilon_t$ .

En muchos modelos de series de tiempo es de suponer asumir que los errores que se generan de un periodo a otro son independientes, supuesto de no autocorrelación, además de que la varianza de los errores es constante, supuesto de homocedasticidad, esto es:

$$E[\epsilon_t] = 0, \quad \text{Var}[\epsilon_t] = \sigma^2 \quad \text{y} \quad \text{Cov}[\epsilon_t, \epsilon_s] = 0, \quad \text{para } t \neq s$$

Es común encontrar que en regresiones de series de tiempo se encuentre una correlación directa con sus propios valores históricos. Sin embargo, esta correlación en la serie, viola toda teoría de regresión, pues no explica perturbaciones en el comportamiento de los datos a nivel histórico. Los problemas primarios asociados a la correlación en serie son:

- MICO<sup>1</sup> deja de ser un estimador lineal eficaz, existiendo una baja probabilidad de que la regresión explique la correlación actual.
- El error estándar utilizado en la fórmula de MICO ya no es correcto, y generalmente se subestima.

La Heterocedasticidad<sup>2</sup> es normalmente asociada a datos de corte transversal, considerando que las series de tiempo se estudian típicamente en el contexto de procesos homocedásticos. En el análisis

de datos macroeconómicos, Engle (1982, 1983) y Cragg (1982), han encontrado evidencia de que, para algunos fenómenos, las variaciones de los errores en modelos de series de tiempo, son menos estables que lo normalmente supuesto.

Dentro de los modelos de series de tiempo se encuentra el modelo de Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva (ARCH), desarrollado por Robert Engle (1982), quien define la Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva, como un término usado para describir la "concentración" de volatilidad. Específicamente, ésta supone que la variación de los errores está autocorrelacionada (o seriamente correlacionada) y depende directamente de la magnitud de los errores pasados. La limitación del concepto implica que: si se quiere estimar la volatilidad como una función de volatilidad histórica, se deben incorporar tanto, la volatilidad histórica, como los errores de predicción en la estimación anterior.

En este modelo se utiliza un estimador del tipo no-lineal más eficaz que el estimador lineal MICO: el estimador de Máxima Verosimilitud. Bollerslev (1986), definió el modelo GARCH (Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva Generalizada) como una alternativa al modelo ARCH original de Engle (1982), obteniendo resultados positivos debido a la volatilidad que proyecta, ya que ha resultado ser una de las medidas de volatilidad más universal. La heterocedasticidad condicional, sólo es el término econométrico para la volatilidad que existe a través del tiempo. El término Autorregresivo, se deriva del nombre del modelo, porque simplemente describe la naturaleza de éste, ya que la variable dependiente es una función de valores históricos.

Las principales características del modelo GARCH( $p,q$ ) son:

■ Formulación de la varianza: 
$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^p \alpha_i \sigma_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \epsilon_{t-j}^2$$

donde:  $\sigma_t^2$  = varianza período actual

$\omega$  = constante

$\alpha_i, \beta_j$  = parámetros

$\sigma_{t-i}^2$  = varianza del i-ésimo período anterior

$\epsilon_{t-j}^2$  = perturbación al cuadrado del j-ésimo período anterior.

- Captura la no-linealidad entre datos.
- Utiliza funciones de gran magnitud.
- Refleja la significancia de los coeficientes estimados a través del logaritmo de la función de verosimilitud.
- Refleja un análisis de datos, además de las varianzas condicionales.

## Metodología

En esta investigación se usará la forma más simple de un modelo GARCH, el GARCH(1,1), para modelar el retorno de la acción; donde el retorno actual de la acción ( $Y_t$ ) depende del retorno anterior ( $Y_{t-1}$ ) más el término de error ( $\mu_t$ ):

$$Y_t = a_1 + a_2 Y_{t-1} + \mu_t$$

La varianza está definida en función del error pasado en la predicción, además de la varianza histórica  $\sigma_{t-1}^2$ , esto significa que la varianza depende directamente de la varianza anterior, ya que existe una correlación directa. Sin embargo, en el caso que ésta sea absolutamente independiente, el estimador  $\beta$  será 0, por lo que otra de las ventajas que posee el modelo es que la varianza puede ser una constante, como lo indica el supuesto de homocedasticidad antes mencionado:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \mu_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2$$

Para la verificación de cambios estructurales en la varianza, se aplicará una prueba de Razón de Verosimilitud (RV), especificado de la siguiente forma:

$$RV = -2(\ln \hat{L}_R - \ln \hat{L}_U) \sim \chi_r^2$$

En el mismo  $\ln \hat{L}_R$  es el logaritmo de verosimilitud estimado para el modelo restringido, es decir, aquél en que se restringe a que los coeficientes del modelo sean los mismos para el período pre y post emisión de ADR. Por otro lado,  $\ln \hat{L}_U = \ln \hat{L}_1 + \ln \hat{L}_2$  es el logaritmo de verosimilitud estimado para el modelo no restringido, esto es,

cuando se permite que los coeficientes del modelo para los períodos pre y post emisión de ADR sean diferentes. El logaritmo de verosimilitud no restringido está dado por la suma de los logaritmos de verosimilitud estimados para el período pre-emisión ( $\ln \hat{L}_1$ ) y el período post-emisión ( $\ln \hat{L}_2$ ). Por último,  $\chi_r^2$  es una distribución chi-cuadrado con grados de libertad dados por el número de restricciones impuestas ( $r$ ). En el presente prueba  $r = 5$ , ya que las ecuaciones de media y varianza contienen 2 y 3 coeficientes, respectivamente.

## Hipótesis

La hipótesis a contrastar es:

**H<sub>0</sub>**: la emisión de ADR no ha provocado cambios estructurales en la volatilidad del retorno de la acción en su mercado local.

## Período

Para analizar si ha existido cambio estructural en la volatilidad, se considerarán dos períodos de un año: el año que está inmediatamente antes de la emisión del ADR, y el año que está inmediatamente después. El primer período de un año se tomó desde el último día hábil del mes anterior a la emisión del ADR hacia atrás; y el segundo período de un año se tomó a partir del primer día hábil a partir del mes siguiente a la emisión del ADR.

Se establecieron períodos de un año, debido a que al tomar otros más largos podrían encontrarse subperíodos que alterarían el buen funcionamiento del modelo. Para esto se realizó una prueba con un período de dos años y se encontró una clara evidencia de subperíodos. Tampoco es conveniente estimar períodos pequeños, porque la cantidad de datos debe ser superior a 100 para tener un comportamiento de una distribución Normal. En consecuencia, utilizar períodos de un año es conveniente porque no existe una repetición en los ciclos de la empresa (meses con altas transacciones).

## Datos

Las acciones analizadas son de todas aquellas empresas chilenas, argentinas, colombianas, brasileñas, peruanas y mexicanas que han emitido ADR, que tienen una alta presencia bursátil, (de modo que se pueda contar con el número de datos suficientes para aplicar a los modelos) y que se encuentran disponibles en la base de datos ECONOMATICA® (única base de datos usada como fuente de los precios accionarios).

Dado que en un año el número de días con transacciones es aproximadamente 250, sólo se consideraron todas aquellas acciones que hayan sido transadas, al menos, durante 200 días, tanto en el período previo a la emisión del ADR, como en el período posterior.

Las acciones que cumplieron con el requisito anterior son las señaladas en el Apéndice 1.

## Resultados

TABLA 1

**Los resultados de la aplicación de la prueba de razón de verosimilitud para cambio estructural en los coeficientes del modelo GARCH (1, 1).<sup>3</sup>**

País	Acción	Cambio Estructural	País	Acción	Cambio Estructural
Argentina	Banco Francés	No	Argentina	Banco Galicia	Sí
Argentina	Cresud	No	Argentina	Irsa	Sí
Argentina	Telecom.	No	Argentina	Telefónica	Sí
Brasil	Aracruz	No	Brasil	Copel	Sí
Brasil	Sid Nacional	No	Brasil	Telebrás	No
Brasil	Unibanco	No	Colombia	Banco Ganadero	Sí
Chile	Concha y Toro	Sí	Chile	Cristales	Sí
Chile	Endesa	Sí	Chile	Enerjis	No
Chile	Gener	No	Chile	Laboratorio Chile	Sí
Chile	Madeco	No	Chile	Masisa	Sí
Chile	Próvida	Sí	Chile	Soquimich	Sí



**Table 1, cont.**

Chile	Telexchile	Sí	México	Altos Hornos	No
México	Comercial Mexicana	Sí	México	Kimberly Clark	Sí
México	Maseca	Sí	México	Savia	Sí
México	Televisa	Sí	México	Tubos de Acero	Sí
Perú	Banco Wiese	Sí	Perú	Buenaventura	Sí
Perú	Telefónica del Perú	No			

Fuente: Elaboración propia.

Un resumen de los resultados de la aplicación de la prueba de razón de verosimilitud para las 33 acciones, se muestra en la Tabla 2. En ella se aprecia que, proporcionalmente, el país cuyas acciones

**Número de acciones con cambios en la estructura de volatilidad**

**TABLA 2**

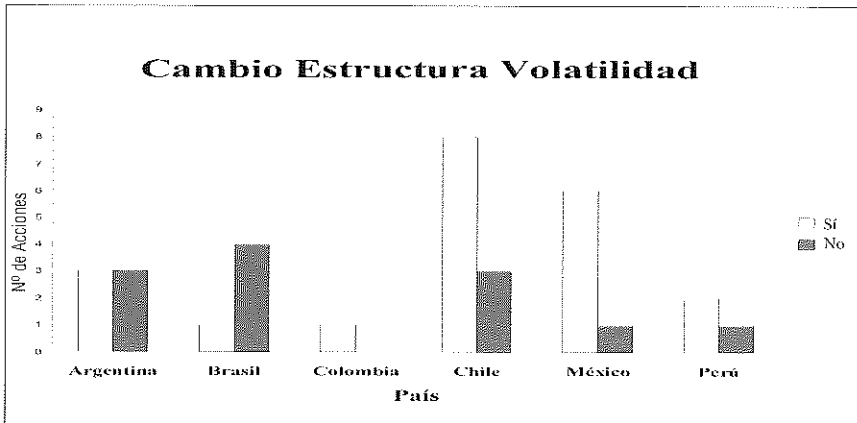
País	Cambio Estructural (Nº de Acciones)		Cambio Estructural (% de Acciones)	
	Sí	No	Sí	No
Argentina	3	3	50%	50%
Brasil	1	4	20%	80%
Colombia	1	0	100%	0%
Chile	8	3	73%	27%
México	6	1	86%	14%
Perú	2	1	67%	33%
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>12</b>	<b>64%</b>	<b>36%</b>

Fuente: Elaboración propia.

exhibieron más cambios en la estructura de volatilidad fue México (sin considerar a Colombia por razones de representatividad de la muestra), mientras que el mercado accionario que evidenció menos cambios estructurales de volatilidad fue Brasil. La misma información de la Tabla 2 se entrega en la Gráfica 1.

## Número de acciones con cambios en la estructura de volatilidad en los países considerados

GRÁFICA 1



Fuente: Elaboración propia.

### Conclusiones

En este trabajo se investigó en qué medida, el hecho de que una acción de un país latinoamericano también se transe en Estados Unidos mediante el mecanismo de ADR, afecta la volatilidad original del título.

Los resultados muestran que de las 33 acciones de seis países que cumplían con los requisitos de datos suficientes, el 64% de ellas exhibió un cambio estructural en la volatilidad de sus retornos. De ellas, se pueden distinguir tres situaciones:

- a. Previo a la emisión del ADR no existía una estructura de volatilidad definida, pero posterior a la emisión, sí se puede apreciar una estructura de volatilidad.
- b. Previo a la emisión del ADR existía una estructura de volatilidad definida, pero posterior a la emisión ya no se aprecia ninguna estructura definida.
- c. En ambos períodos existen estructuras de volatilidades definidas, pero distintas entre sí.

Por lo tanto, en las tres situaciones se podría asumir que el hecho que la acción se transe en Estados Unidos alteró la volatilidad de la acción. En el 36% de los casos no se aprecia cambios estructurales de la volatilidad, y ello se puede deber a dos situaciones:

- a. La estructura de volatilidad se mantuvo inalterada en ambos períodos (antes y después de la emisión del ADR).
- b. Nunca la acción tuvo una estructura de volatilidad definida.

Por lo tanto, en ambas situaciones se podría asumir que el hecho que la acción se transe en Estados Unidos no alteró la volatilidad de la acción. Si se analiza por país, las acciones de dos países con un número importante de ADR's emitidos, como son Chile y México, tienen un comportamiento muy similar. Prácticamente, en más del 70% de los casos analizados existió cambio de estructura de volatilidad. Por lo tanto, en cada uno de estos países es posible rechazar la hipótesis de que la emisión de ADR no ha provocado cambios estructurales en la volatilidad del retorno de la acción.

Por su parte, las acciones argentinas, que ocupan un lugar intermedio, exhiben igual número de casos con cambio estructural en la volatilidad y sin él. Al contrario de lo ocurrido en Chile y México, Brasil es el único país con alta emisión de ADR's donde se aprecia que mayoritariamente las acciones no mostraron evidencias de cambio estructural de volatilidad.

Tanto Colombia como Perú no tienen tantas acciones emitidas como ADR's. En ambos países se apreció cambios estructurales de la volatilidad, aunque en Colombia sólo una acción tenía el número de datos suficientes para ser considerada en este estudio, mientras que esta cifra aumentó a tres en Perú.

Por lo tanto, dado los resultados obtenidos, es posible en general, usando como referencia seis países, rechazar la hipótesis de que la emisión de ADR no ha provocado cambios estructurales en la volatilidad del retorno de la acción en los mercados latinoamericanos.

Recibido: 8 de febrero de 2001

Acceptado: 3 de abril de 2001

## Notas

<sup>1</sup> Mínimos Cuadrados Ordinarios.

<sup>2</sup> Heterocedasticidad = distinta varianza en las distribuciones condicionales.

<sup>3</sup> Las estimaciones de los modelos GARCH fueron obtenidas mediante el software EViews Versión 3.0. El algoritmo de optimización empleado fue el de Marquardt.

## Bibliografía

- Bollerslev, T., Chou, R. Y Kroner, K. "Arch modeling in Finance: A review of the theory and empirical evidence". *Journal of Econometrics* N° 52, 1992, págs. 5- 59.
- Bollerslev, T.Y Wooldridge, J. "Quasi-Maximum likelihood estimation and inference in dynamic models with time varying Covariances". *Econometric Reviews* N° 11, 1992, págs.143-172.
- Bollerslev, T., Engle, R. Y Nelson, D. "ARCH models", *Handbook of Econometrics*, Volume 4, Chapter 49, 1994.
- Davidson, R. Y Mackinnon, J. "Estimation and Inference in Econometrics", *Oxford University Press*, 1993.
- Engle, R. "Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the variance of U.K. inflation," *Econométrica* N° 50, 1982, págs. 987-1008.
- Engle, R. Y Granger, C. "Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing", *Econométrica* N° 55, 1987, págs. 251-276.
- Engle, R., Lilien, D, Y Robins, R. "Estimating Time Varying Risk Premia in the term structure: The ARCH-M model", *Econométrica* N° 55, 1987, págs. 391-407.
- Engle, R. "Measuring and testing the impact of news on volatility", *Journal of Finance* N° 48, 1993, págs. 1022-1082.
- Fahrmeir, L.Y Tutz, G. *Multivariate Statistical Modelling Based on Generalized Linear Models*. Springer-Verlag, New York, 1994.
- Fan, J. Y Gijbels, I. *Local Polynomial Modelling and Its Applications*. Chapman & Hall, London, 1996.
- Fan, J. Y Marron, J. "Fast implementations of Nonparametric Curve estimators", *Journal of Computational and Graphical Statistics* N° 3, 1994, págs. 35-56.
- Glosten, L., Jagannathan, R. Y Runkle, D. "On the relation between the Expected Value and the volatility of the normal excess return on stocks", *Journal of Finance* N° 48, 1993, págs. 1779-1801.
- Greene, W. *Econometric Analysis*. Prentice-Hall, 3th edition, 1997.

- Hamilton, J. "State Space Models", *Handbook of Econometrics*, Volume 4, Chapter 50, 1994.
- Johansen, S. "Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models", *Econometrika* N° 59, 1991, págs. 1551-1580.
- Johansen, S. "Likelihood-based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models", *Oxford University Press*, 1995.
- Johnston, J. Y Dinardo, J. *Econometric Methods*. McGraw-Hill, 4th edition, 1997.
- Nelson, D. "Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach", *Econometrika* N° 59, 1991, págs. 347-370.
- Pindyck, R. Y Rubinfeld, D. *Econometric Models and Economic Forecasts*. McGraw-Hill, 4th edition, 1998.
- Press, W., Teukolsky, S., Vetterling, W. Y Flannery, B. *Numerical Recipes in C*. Cambridge University Press, 2nd edition, 1992.
- Simonoff, J. *Smoothing Methods in Statistics*. Springer-Verlag, New York, 1996.
- Temme, N. *Special Functions: An Introduction to the Classical Functions of Mathematical Physics*. John Wiley & Sons, 1996.

## APÉNDICE 1

<b>País</b>	<b>Acción</b>	<b>Emisión del ADR</b>	<b>Primer Período</b>	<b>Segundo Período</b>
Chile	Próvida	Nov/1994	1/nov/1993 al 31/oct/1994	1/dic/1994 al 30/nov/1995
Chile	Concha y Toro	Oct/1994	1/oct/1993 al 30/sep/1994	1/nov/1994 al 31/oct/1995
Chile	Cristales	Ene/1994	1/ene/1993 al 31/dic/1993	1/feb/1994 al 31/ene/1995
Chile	Endesa	Jul/1994	1/jul/1993 al 30/jun/1994	1/ago/1994 al 31/jul/1995
Chile	Madeco	May/1993	1/may/1992 al 30/abr/1993	1/jun/1993 al 31/may/1994
Chile	Masisa	Jun/1993	1/jun/1992 al 31/may/1993	1/jul/1993 al 30/jun/1994
Chile	Soquimich	Jul/1995	1/jul/1994 al 30/jun/1995	1/ago/1995 al 31/jul/1996
Chile	Telexchile	Oct/1994	1/oct/1993 al 30/sep/1994	1/nov/1994 al 31/oct/1995
Chile	Enersis	Oct/1993	1/oct/1992 al 30/sep/1993	1/nov/1993 al 31/oct/1994
Chile	Gener	Jul/1994	1/jul/1993 al 30/jun/1994	1/ago/1994 al 31/jul/1995
Chile	LabChile	Jun/1994	1/jun/1993 al 31/may/1994	1/jul/1994 al 30/jun/1995
Argentina	Banco Galicia	Oct/1992	1/oct/1991 al 30/sep/1992	1/nov/1992 al 31/oct/1993
Argentina	Banco Francés	Nov/1993	1/nov/1992 al 31/oct/1993	1/dic/1993 al 30/nov/1994
Argentina	Cresud	Mar/1994	1/mar/1993 al 28/feb/1994	1/abr/1994 al 31/mar/1995
Argentina	Irsa	May/1994	1/may/1993 al 30/abr/1994	1/jun/1994 al 31/may/1995
Argentina	Telecom	Dic/1994	1/dic/1993 al 30/nov/1994	1/ene/1995 al 31/dic/1995
Argentina	Telefónica	Mar/1994	1/mar/1993 al 28/feb/1994	1/abr/1994 al 31/mar/1995
Colombia	Banco Ganadero	Nov/1994	1/nov/1993 al 31/oct/1994	1/dic/1994 al 30/nov/1995
Brasil	Copel	Ago/1996	1/ago/1995 al 31/jul/1996	1/sep/1996 al 31/ago/1997
Brasil	Aracruz	Mar/1997	1/mar/1996 al 28/feb/1997	1/abr/1997 al 31/mar/1998

## APÉNDICE 1, cont.

Brasil	Telebras	Oct/1992	1/oct/1991 al 30/sep/1992	1/nov/1992 al 31/oct/1993
Brasil	Sid Nacional	Nov/1997	1/nov/1996 al 31/oct/1997	1/dic/1997 al 30/nov/1998
Brasil	Unibanco	May/1997	1/may/1996 al 30/abr/1997	1/jun/1997 al 31/may/1998
Perú	Banco Wiese	Sep/1994	1/sep/1993 al 31/ago/1994	1/oct/1994 al 30/sep/1995
Perú	Buenaventura	May/1996	1/may/1995 al 30/abr/1996	1/jun/1996 al 31/may/1997
Perú	Telefónica del Perú	Jul/1996	1/jul/1995 al 30/jun/1996	1/ago/1996 al 31/jul/1997
México	Altos Hornos	Dic/1996	1/dic/1995 al 30/nov/1996	1/ene/1997 al 31/dic/1997
México	Comercial Mexicana	Oct/1996	1/oct/1995 al 30/sep/1996	1/nov/1996 al 31/oct/1997
México	Maseca	May/1994	1/may/1993 al 30/abr/1994	1/jun/1994 al 31/may/1995
México	Kimberly Clark	Dic/1993	1/dic/1992 al 30/nov/1993	1/ene/1994 al 31/dic/1994
México	Savia	Feb/1994	1/feb/1993 al 31/ene/1994	1/mar/1994 al 28/feb/1995
México	Televisa	Dic/1993	1/dic/1992 al 30/nov/1993	1/ene/1994 al 31/dic/1994
México	Tubos de Acero	Ene/1994	1/ene/1993 al 31/dic/1993	1/feb/1994 al 31/ene/1995

Fuente: Elaboración propia.