

# La diversificación del riesgo en la cartera de créditos del sector financiero con base en la teoría de portafolios



Zulma Inés Cardona Marín<sup>1</sup>  
[zcardona@eafit.edu.co](mailto:zcardona@eafit.edu.co)

Recepción: 14 de septiembre de 2006

Aceptación: 14 de noviembre de 2006

## Resumen

La teoría de portafolios desarrollada por Markowitz en 1956 se aplicó a una muestra constituida por 3011 empresas del sector real, clasificadas por sectores económicos y por tamaño. Aquí se exponen sus resultados. En este estudio se demostró que en Colombia es posible utilizar el principio de la diversificación para reducir el riesgo en las carteras de acreditados, asignando los créditos de la banca empresarial, entre sectores con bajas correlaciones entre sí.

Tal reducción del riesgo implica una disminución en el capital económico que las instituciones financieras deben reservar para cubrir las posibles pérdidas por el *default* de los préstamos, en correspondencia con el Acuerdo de Basilea y sus implicaciones en el Raroc (Risk Adjusted Return On Capital).

En el artículo se muestra cómo dar cumplimiento a uno de los criterios de mayor interés en el acuerdo de Basilea II, la segmentación de portafolios, ya que el grado de correlación entre los diferentes sectores es definitivamente un factor importante para controlar el riesgo de una cartera de créditos y poder conformar portafolios de acreditados de riesgo mínimo.

**Palabras clave:** Diversificación, rendimiento operativo, rendimiento esperado, promedio, desviación estándar, varianza, covarianza, correlación, portafolio, carteras, sectores económicos, Basilea, Markowitz.

## Abstract

The present article provides the results from the application of a credit portfolio theory developed by Markowitz in 1956 to a test group made up of 3011 companies

<sup>1</sup> Ingeniera Industrial de la Universidad de Antioquia. Especialista en Finanzas, Universidad EAFIT. Magíster en Administración, Universidad EAFIT. Coordinadora Académica Especialización en Finanzas. Docente de pregrado y posgrado, vinculada al departamento de Finanzas en la misma institución.

from the real sector, classified by economic activity and by size. This study shows that in our environment it is possible to use the principle of diversification in order to reduce risk in credit portfolios, by assigning corporate credits between sectors sharing few correlations.

This reduction in risk implies a lowering in the capital necessary for provisions for non performing loans, in accordance with the Basel Accord and its effects on the Raroc (Risk Adjusted Return on Capital.)

The article demonstrates how to be in accordance with one of the criteria that drew most attention in the Accord, namely the segmentation of portfolios, now that the level of correlation between the different sectors is definitely an important factor in controlling the risk in a credit portfolio, as it is in designing portfolios with minimum risk.

**Key words:** Diversification, operating yield, projected yield, average, standard deviation, variance, co-variance, correlation, portfolio, past-due loan, economic sectors, Basel, Markowitz

## Introducción

Las pérdidas esperadas en la cartera de créditos, con base en las cuales se estima el capital mínimo requerido, dependen de tres factores fundamentales: probabilidad de incumplimiento, exposición en el Incumplimiento y severidad de las pérdidas dado el Incumplimiento.

El Comité de Supervisión Bancaria de Basilea<sup>2</sup> (Internal Ratings Based Approach 2001) determina un modelo unifactorial para explicar la distribución de pérdidas, en el cual se supone que los impagos ocurren de forma independiente y homogénea entre los acreditados. En la propuesta de noviembre de 2001, asume que en el IRB (Internal Ratings Based) la correlación está en un rango entre el

10% y el 20% entre acreditados, por lo tanto, supone que la suma de los riesgos individuales es igual al riesgo del portafolio ignorando el efecto que sobre el riesgo puede tener la diversificación.

El supuesto anterior se mantiene en el acuerdo de Basilea II a pesar de haberse demostrado en diversos estudios<sup>3</sup> que la correlación es menor, por lo tanto se sobreestima el riesgo de crédito y los requerimientos mínimos de capital exigidos.

El presente artículo es el resultado de un estudio realizado con la información financiera de 3011 empresas distribuidas así: 402 micros, 252 pequeñas, 465 medianas y 1892 grandes, a partir del cual se demuestra que en Colombia existen sectores económicos con correlaciones menores a las supuestas por Basilea II e incluso, en muchos casos, negativas.

<sup>2</sup> El comité de Basilea fue creado en 1974 por un grupo de 10 países, llamado el grupo de los 10. El Comité de Basilea está integrado actualmente por trece países: Bélgica, Francia, Canadá, Alemania, Japón, Italia, Luxemburgo, España, Suecia, Holanda, Reino Unido, Estados Unidos y Suiza. Este comité se reúne cuatro veces al año en el *Bank of International Settlements*

<sup>3</sup> Véase Laurent, 2004; García Céspedes, 2002; Duchemin, Laurent y Schmit, 2004, entre otros.

A partir de las correlaciones entre los rendimientos de los sectores y aplicando la teoría de portafolios desarrollada por Markowitz en 1956, se construyó la frontera eficiente de inversión, es decir, el conjunto de carteras, constituidas por los distintos sectores económicos, que presentan el máximo rendimiento esperado para un nivel dado de riesgo, tanto para el universo de la muestra como para las varias clasificaciones por tamaño.

El sector financiero, al otorgar créditos al sector real, asume el riesgo de no pago, el cual puede ser minimizado si se combina adecuadamente la cartera de acreditados. La capacidad de pago de un acreditado depende, en parte, de las utilidades operacionales disponibles para atender los compromisos financieros, por lo tanto entre mayor sea el rendimiento operacional esperado de los acreditados y menor su volatilidad, menor será el riesgo asumido por la entidad financiera que otorga los créditos.

De acuerdo con lo anterior, este estudio se basó en el rendimiento operacional (ROI) de las empresas seleccionadas en la muestra para el período 1998-2003, definido como la relación entre la utilidad operacional y el activo operacional, descartando el análisis del rendimiento patrimonial por considerar que éste está afectado por el nivel de apalancamiento financiero y el objeto es observar la volatilidad en el rendimiento operativo, el cual, en última instancia, muestra la capacidad de la empresa para asumir compromisos financieros.

### Media –Varianza en un Portafolio de Activos

De acuerdo con Elton & Gruber (1995), una inversión en un conjunto de activos reduce el riesgo como consecuencia del principio de diversificación, este fenómeno se debe fundamentalmente al efecto que tiene la

forma como los rendimientos de los activos del portafolio estén correlacionados. Para el caso de dos activos, el rendimiento esperado de un portafolio conformado por los activos A y B está dado por:

$$E(R_p) = W_a * E(R_a) + W_b * E(R_b)$$

$$W_a + W_b = 1.0$$

La varianza de dicho portafolio responde a la suma ponderada por inversión de sus varianzas más la covarianza entre ellos y se calcula con base en la siguiente ecuación:

$$\sigma^2(R_p) = W_a^2 * \sigma^2(R_a) + 2 * W_a * W_b * COV(R_a, R_b) + W_b^2 * \sigma^2(R_b)$$

Donde:

$W_a$  es el porcentaje de inversión en el activo A

$W_b$  es el porcentaje de inversión en el activo B

$E(R_p)$  es el rendimiento esperado del portafolio

$E(R_a)$  es el retorno esperado del activo A

$E(R_b)$  es el retorno esperado del activo B

$\sigma^2(R_a)$  es la varianza de los rendimientos del activo A

$\sigma^2(R_b)$  es la varianza de los rendimientos del activo B

$COV(R_a, R_b)$  es la covarianza entre los rendimientos de los dos activos

### Efecto de la Covarianza en el Riesgo del Portafolio

La covarianza corresponde a la medida estadística que muestra cómo dos variables aleatorias A y B se apartan de su media al mismo tiempo. Es positiva si A se encuentra arriba de su media cuando B se encuentra también

por encima de su media, y será negativa si A se encuentra arriba de su media cuando B se encuentra debajo de su media; la covarianza se calcula con base en la siguiente ecuación (Elton & Gruber, 1995):

$$COV(Ra, Rb) = \sum_{j=1}^n P_j * (R_{aj} - E(Ra)) * (R_{bj} - E(Rb))$$

$$(R_{aj} - E(Ra)) * (R_{bj} - E(Rb))$$

La relación entre la covarianza de dos activos y el producto de sus desviaciones se denomina coeficiente de correlación, el cual puede tomar valores entre -1,0 y +1,0 y se calcula con base en la siguiente expresión:

$$\rho(Ra, Rb) = COV(Ra, Rb) / \sigma(Ra) * \sigma(Rb)$$

$$-1.0 \leq \rho(Ra, Rb) \leq +1.0$$

El ejemplo siguiente permite mostrar el efecto que tiene la correlación sobre el riesgo de un portafolio conformado por dos activos.

Considérese que para los activos A y B existe la posibilidad de aplicar fondos en cualquier proporción. El objetivo es determinar el conjunto de carteras conformadas por A y B que presenten un rendimiento máximo para un nivel dado de riesgo. El rendimiento esperado y el riesgo de cada uno de los activos se muestran en el cuadro 1.

**Cuadro 1**

Activo	A	B
Rendimiento esperado E(Rj)	15,00%	28,00%
Desviación estándar $\sigma(Rj)$	6,00%	13,00%
Varianza VAR(Rj)	0,360%	1,6900%

En el cuadro 2 se muestran los resultados del riesgo y el rendimiento para coeficientes de correlación entre los activos A y B de +1,0; 0,5; 0,0; -0,5 y -1,0 variando los porcentajes de inversión (W) entre 0% y 100%.

Del cuadro 2 se puede concluir lo siguiente:

1. El rendimiento medio de la cartera es una función lineal del porcentaje de riqueza invertido en cada activo y no depende de la correlación entre los activos riesgosos.
2. La desviación estándar de la cartera está en función de la correlación entre los activos riesgosos y entre más baja sea ésta mayores son las posibilidades de reducir el riesgo mediante la diversificación; así, para un coeficiente de correlación  $\rho(Rx, Ry) = 1$  el conjunto de carteras está representado por una línea recta y existe una relación proporcional entre riesgo y rendimiento. Cuando el coeficiente es igual a cero los activos no están correlacionados

**Cuadro 2**

Riesgo – rendimiento para diferentes carteras

Coeficiente de correlación			1,0	0,5	0,0	-0,5	-1,0
% inversión en A	% inversión en A	Rendimiento	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo
W	1-W	E(Rp)	DES(Rp)	DES(Rp)	DES(Rp)	DES(Rp)	DES(Rp)
0%	100%	28,00%	13,00%	13,00%	13,00%	13,00%	13,00%
50%	50%	21,50%	9,50%	8,41%	7,16%	5,63%	3,50%
100%	0%	15,00%	6,00%	6,00%	6,00%	6,00%	6,00%

y la relación entre riesgo y rendimiento no es lineal y cuando el coeficiente es menos uno, correlación inversa, el riesgo puede ser completamente diversificado.

El gráfico 1 muestra las relaciones alcanzables entre riesgo y rendimiento. Las posibilidades extremas se dan cuando  $\rho(x, y)$  es igual a 1,0 o a -1,0. La curva de correlación cero es muy similar a la forma general del conjunto de oportunidades: entre más negativa sea la correlación, más se acercará a la forma de menos uno y viceversa, si la correlación es positiva, la tendencia será mayor hacia la forma de más uno.

Cuando se incluyen muchos activos riesgosos en el portafolio, la forma general de la curva no se altera. La línea que contiene todas las carteras con el rendimiento más alto para un nivel de riesgo determinado, recibe el nombre de frontera eficiente.

La frontera de eficiencia de un conjunto de oportunidades de inversión se determina con base en el siguiente modelo (Elton & Gruber, 1995):

Función objetivo: maximizar el rendimiento esperado

$$\text{Maximizar: } E(R_p) = \sum_{i=1}^N W_i * E(R_i)$$

Sujeto a:

Nivel de riesgo  $\sigma(R_i)$  dado

$$\sigma(R_p) = \sum_{i=1}^N W_i^2 * \sigma(R_i)^2 + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_i * W_j$$

\*  $\sigma_{ij}$  para j diferente de i

$$\sum_{i=1}^N W_i = 1.0$$

$$W_i \geq 0 \text{ Para } i = 1, \dots, N$$

La cartera óptima conocida como portafolio T está dada por aquella que maximiza la relación rendimiento riesgo y se define con base en el siguiente modelo:

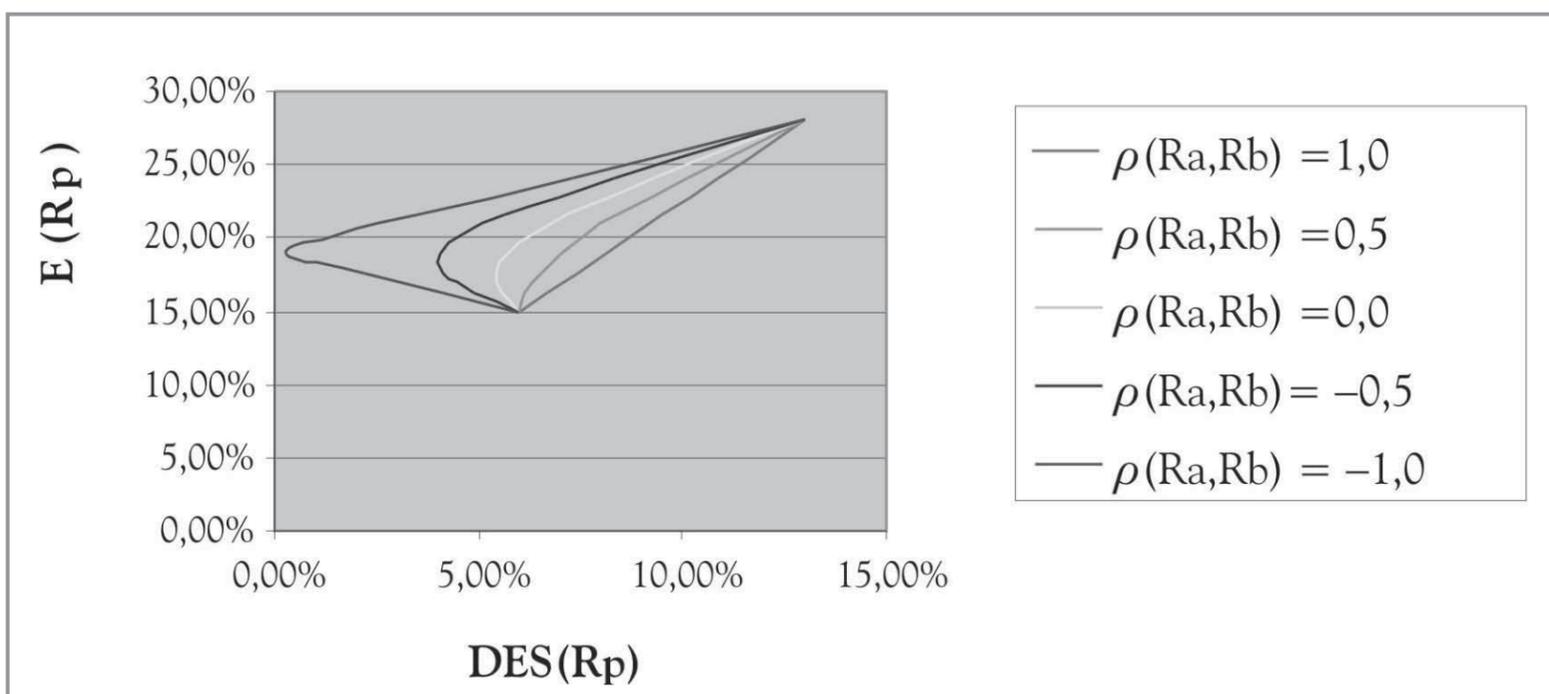
$$\text{Maximizar: } E(R_p) / \sigma(R_p)$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^N W_i = 1.0$$

$$W_i \geq 0 \text{ } i = 1, \dots, N$$

**Gráfico 1**  
Riesgo - Rendimiento



### Recopilación de la Información y Creación de la Base de Datos

Este trabajo se desarrolla a partir de la información suministrada por la Superintendencia de Sociedades en su sitio web, [www.supersociedades.gov.co](http://www.supersociedades.gov.co), sobre los estados financieros, balance general y estado de resultados de las empresas del sector real agrupadas por sectores económicos, para los años 1998 a 2003.

La Supersociedades presenta la información de aproximadamente 9500 empresas, sin embargo no todas permanecen durante todos los años de estudio por liquidaciones, concordatos o porque de acuerdo con la información suministrada telefónicamente por la Superintendencia en el año 1999 no se exigió la presentación

de la información; por esta razón, sólo se seleccionaron las empresas que suministraron información a esta entidad durante todos los años del estudio.

Las empresas de la muestra se clasificaron, según su tamaño, en: Grande, Mediana, Pequeña o Micro, de acuerdo con la ley 590 de 2000, según la cual el tamaño de una empresa se puede definir por el monto de sus activos. La clasificación de las empresas, de acuerdo con el monto de sus activos, se presenta en el cuadro 3.

El salario mínimo legal mensual vigente (SMLMV) para cada uno de los años, y el valor en pesos para cada rango de clasificación se presenta en el cuadro 4.

**Cuadro 3**  
Tamaño de las empresas

Tamaño	Activos
Microempresa	Hasta 501 SMLMV
Pequeña empresa	Entre 501 y 5001 SMLMV
Mediana Empresa	Entre 5001 y 15.000 SMLMV
Gran Empresa	Más de 15.000 SMLMV

Fuente: [www.supervalores.gov.co](http://www.supervalores.gov.co) (octubre 2004)

**Cuadro 4**  
Salario mínimo legal mensual vigente

Rige	Sector Urbano	501 SMLMV	5001 SMLMV	15000 SMLMV	15001 SMLMV
1-Ene-97	172,005	86.174,505	860.197,005	2.580.075,000	2.580.247,005
1-Ene-98	203,826	102.116,826	1.019.333,826	3.057.390,000	3.057.593,826
1-Ene-99	236,460	118.466,460	1.182.536,460	3.546.900,000	3.547.136,460
1-Ene-00	260,100	130.310,100	1.300.760,100	3.901.500,000	3.901.760,100
1-Ene-01	286,000	143.286,000	1.430.286,000	4.290.000,000	4.290.286,000
1-Ene-02	309,000	154.809,000	1.545.309,000	4.635.000,000	4.635.309,000
1-Ene-03	332,000	166.332,000	1.660.332,000	4.980.000,000	4.980.332,000
1-Ene-04	358,000	179.358,000	1.790.358,000	5.370.000,000	5.370.358,000

Fuente: [www.minprotecciónsocial.gov.co](http://www.minprotecciónsocial.gov.co) (octubre 2004)

El tamaño de las empresas, expresado en salarios mínimos, puede variar de un año a otro por razones diversas, entre otras: el monto de los activos totales de las empresas cambia año tras año, fundamentalmente por las variaciones en los activos corrientes y el ajuste anual del salario mínimo mensual legal establecido por el gobierno. Por esto fue necesario definir para cada empresa un tamaño único durante todos los años y se le asignó el tamaño con base en el mayor número de veces que, durante los seis años (1998 a 2003) utilizados en la investigación, apareció clasificada o el tamaño que tuviese en el último año si el número de veces clasificada en tamaños diferentes resultaba igual. Los sectores y número de empresas por tamaño, considerados para la investigación, se presentan en el anexo 1. En este anexo se observan un total de 57 sectores y 3038 empresas, 408 micros, 258 pequeñas, 467 medianas y 1905 grandes. Es importante anotar que para el desarrollo de la investigación se respetó tanto la conformación como la numeración de los sectores establecida por la Superintendencia de sociedades.

### Diseño y Aplicación del Modelo

El estudio se basa en el rendimiento operacional de las empresas (ROI) para cada uno de los años, definido como la relación entre la utilidad operacional y el activo operacional.

$$ROI = \text{Utilidad Operacional} / \text{Total Activos Operacionales}$$

En la clasificación de las cuentas contables que conforman el activo, en el balance general y las cuentas contables del estado de resultados se respetó el presentado por la Supersociedades (véase anexo 2). Una vez hallado el ROI para cada una de las empresas por año, se encontró el ROI promedio del sector en cada año, para todas las empresas, y el de las empresas clasificadas por tamaño; así mismo, el promedio

aritmético de los ROI de las empresas que lo conforman, a través de la fórmula estadística del Promedio Aritmético.

Al revisar de manera cuidadosa el ROI promedio del sector para cada año, de todas las empresas y el de cada empresa en el sector, se encontró que la mayoría de ROI presentaban un comportamiento similar entre sí para cada año, no obstante algunas empresas mostraban valores de ROI muy diferentes al resto de las demás (muy alto o muy bajo respecto de los valores comunes) y alteraban fuertemente el resultado del promedio aritmético del sector (ROI), por lo que se consideraron valores atípicos y se retiraron del listado de empresas a considerar para dicho sector. El total de empresas retiradas fue de 27, lo que llevó a que las empresas consideradas para la investigación fueran 3011, distribuidas así: 402 micros, 252 pequeñas, 465 medianas y 1892 grandes.

Con base en los ROI promedio, de cada año, para todos los sectores con todas las empresas y para los sectores con las empresas agrupadas por tamaño, se calculó el coeficiente de correlación entre todos los sectores que agrupan todas las empresas y entre los sectores que agrupan las empresas clasificadas por tamaño. Se halló la media ( $E(\text{ROI})$ ), y la desviación estándar ( $\sigma(\text{ROI})$ ) de los ROI promedio por año, para todos los sectores que agrupan todas las empresas y para los sectores que agrupan las empresas clasificadas por tamaño. Con estos resultados, y las respectivas matrices de correlaciones se conformaron las carteras que maximizan el rendimiento del portafolio para un determinado nivel de riesgo tanto para todas las empresas agrupadas por sectores, como para los sectores con las empresas agrupadas por tamaño. Para la conformación de las carteras que definen la frontera eficiente se utilizó el modelo de Markowitz descrito anteriormente, con el apoyo de la herramienta Solver de Excel.

**Resultados**

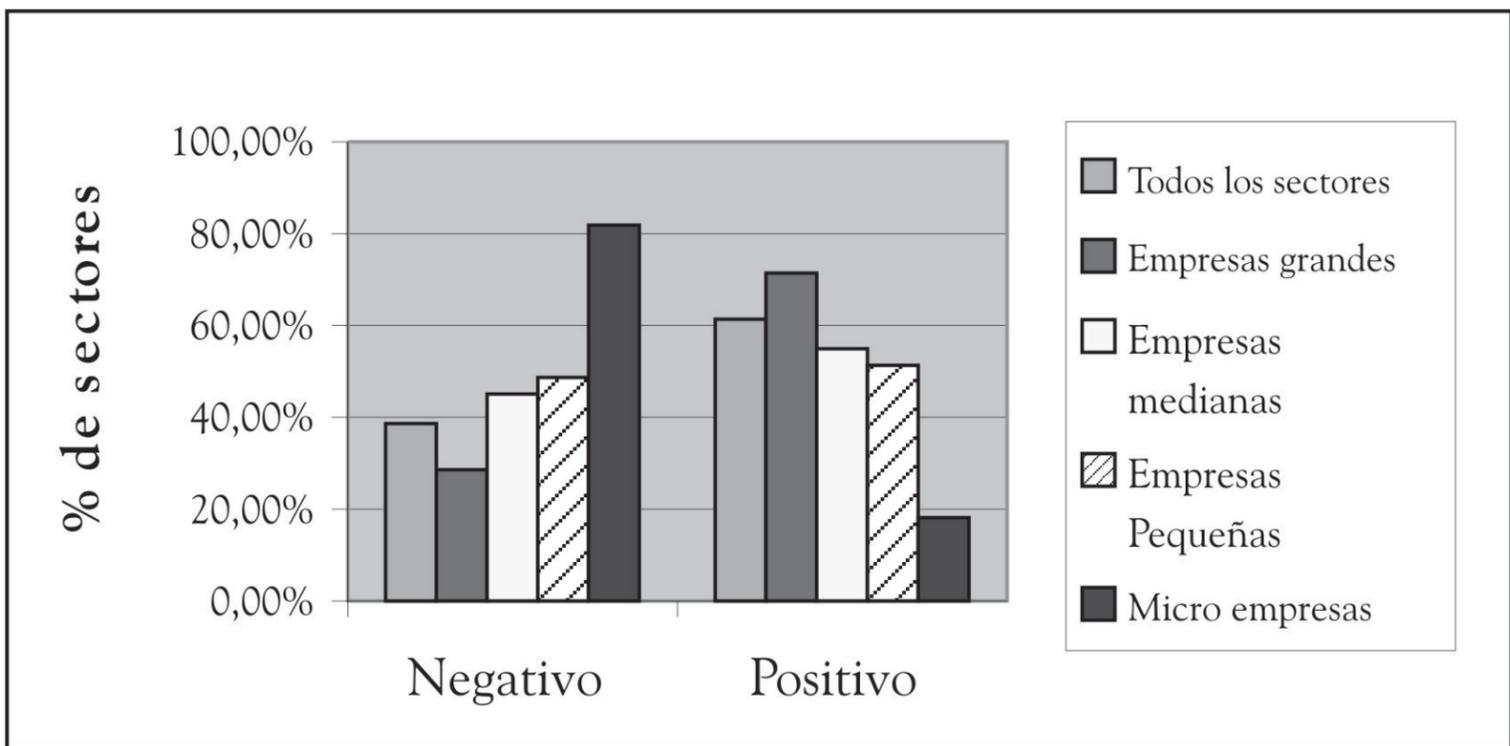
**ROI promedio**

Todas las empresas analizadas están agrupadas en 57 sectores de los cuales el 38,60% presenta un rendimiento operacional promedio negativo. En el cuadro 5 y el gráfico 2 se puede observar la distribución de los E(ROI) clasificados por tamaño.

**Cuadro 5**  
Distribución de los ROI

ROI	Negativo	Positivo
Todos los sectores	38,60%	61,40%
Empresas grandes	28,57%	71,43%
Empresas medianas	45,10%	54,90%
Empresas Pequeñas	48,65%	51,35%
Micro empresas	81,82%	18,18%

**Gráfico 2**  
Rendimiento operacional



En el cuadro 6 se aprecia el número de sectores por rangos de ROI.

**Cuadro 6**  
Sectores por rango de ROI

ROI	< -1,0	-1,0 a 0,0	0,0 a 1,0	Total
Todos los sectores	0	22	35	57
Empresas grandes	0	16	40	56
Empresas medianas	2	21	28	51
Empresas Pequeñas	3	15	19	37
Micro empresas	4	5	2	11

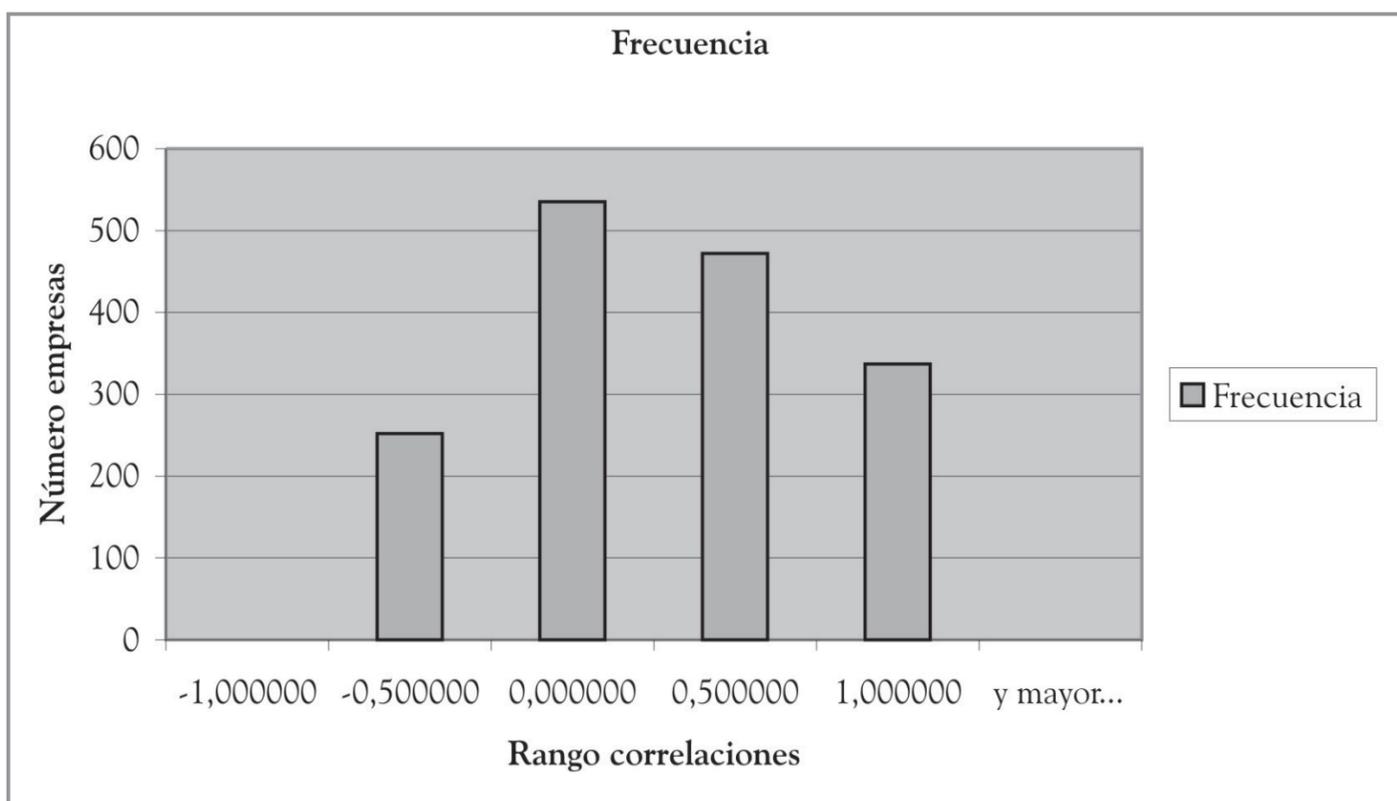
## Correlaciones

Al correlacionar los ROI promedio de todos los sectores se obtuvo una matriz triangular de 1596 correlaciones diferentes de 1,0. Al agruparlas por rangos se encuentra que 252 de ellas están entre  $-1,0$  y  $-0,5$ , 535 entre  $-0,5$  y  $0,0$ , 472 entre  $0,0$  y  $0,5$  y 337 entre  $0,5$  y  $1,0$ . Esto indica que el 49,31% de las correlaciones son negativas, donde un 15,79% es menor de  $-0,5$ ; lo que implica que es posible diversificar el riesgo. En el gráfico 3 se muestran las correlaciones para todos los sectores, agrupadas por rangos.

Al evaluar los ROI promedio de todos los sectores de las grandes empresas se generó una matriz triangular de 1540 correlaciones diferentes de 1,0; al agruparlas por rangos, 220 de ellas están entre  $-1,0$  y  $-0,5$ , 508 entre  $-0,5$  y  $0,0$ , 505 entre  $0,0$  y  $0,5$  y 307 entre  $0,5$  y  $1,0$ . Como se puede ver, el 47,27% de las correlaciones son negativas con un 14,29% menor de  $-0,5$ . En el gráfico 4 se presentan las correlaciones para todos los sectores de las grandes empresas.

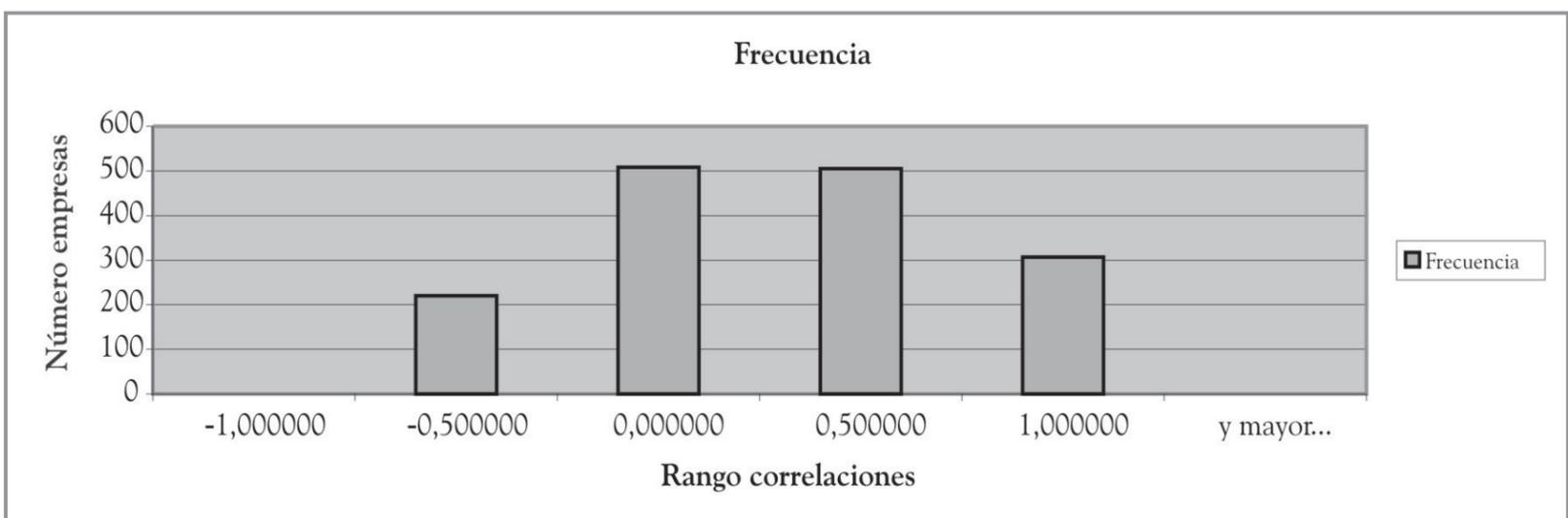
**Gráfico 3**

Correlación de los ROI promedios para todos los sectores



**Gráfico 4**

Correlación de los ROI promedio de todos los sectores de las grandes empresas



Al correlacionar los ROI promedio de todos los sectores de las medianas empresas, se obtuvo una matriz triangular de 1275 correlaciones diferentes de 1,0 y, al agruparlas por rangos, 189 de ellas están entre  $-1,0$  y  $-0,5$ , 433 entre  $-0,5$  y  $0,0$ , 425 entre  $0,0$  y  $0,5$  y 228 entre  $0,5$  y  $1,0$ . El 48,78% de las correlaciones son negativas y el 14,82% es menor de  $-0,5$  (gráfico 5).

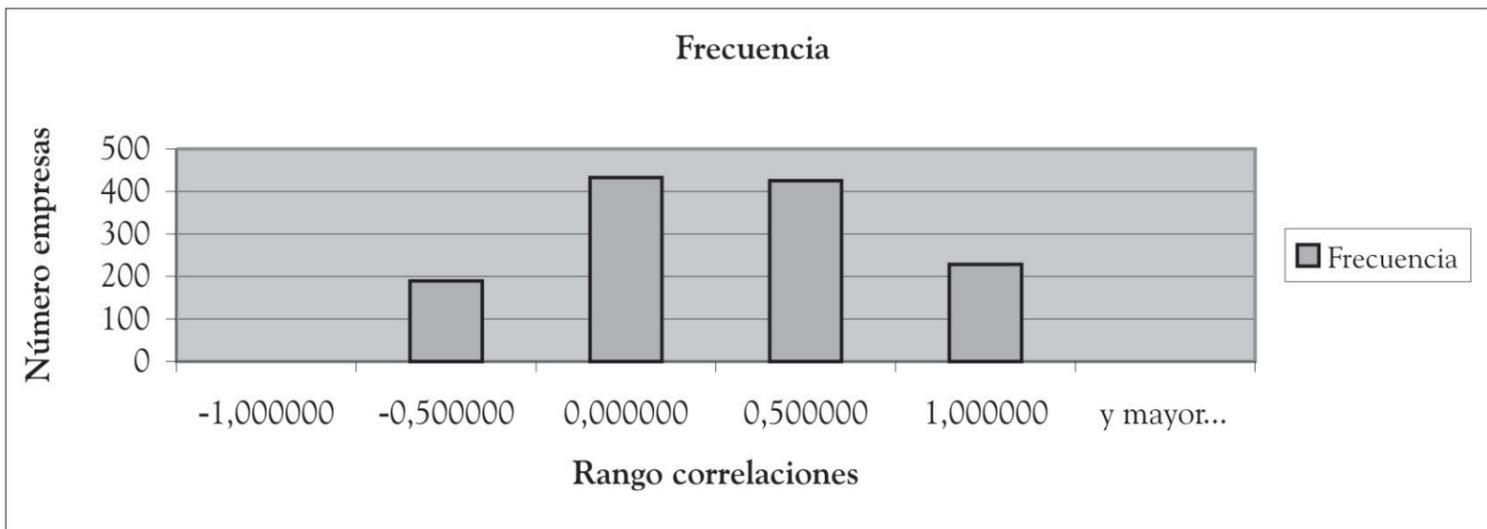
Las correlaciones entre los ROI promedio de todos los sectores de las pequeñas empresas originaron una matriz triangular de 666 correlaciones diferentes de 1,0; cuando se agruparon por rangos se encontró que 131 de ellas están entre  $-1,0$  y  $-0,5$ , 208 entre  $-0,5$  y

$0,0$ , 206 entre  $0,0$  y  $0,5$  y 121 entre  $0,5$  y  $1,0$ . El 50,90% de las correlaciones son negativas con un 19,67% menor de  $-0,5$  (gráfico 6).

Al correlacionar los ROI promedio de todos los sectores de las microempresas, se obtuvo una matriz triangular de 55 correlaciones diferentes de 1,0; cuando se agruparon por rangos, se halló que 7 de ellas están entre  $-1,0$  y  $-0,5$ , 23 entre  $-0,5$  y  $0,0$ , 20 entre  $0,0$  y  $0,5$  y 5 entre  $0,5$  y  $1,0$ . Distribuidas de esta forma, podemos decir que el 54,55% de las correlaciones son negativas donde un 12,73% es menor de  $-0,5$ ; esto muestra que es posible diversificar el riesgo (gráfico 7).

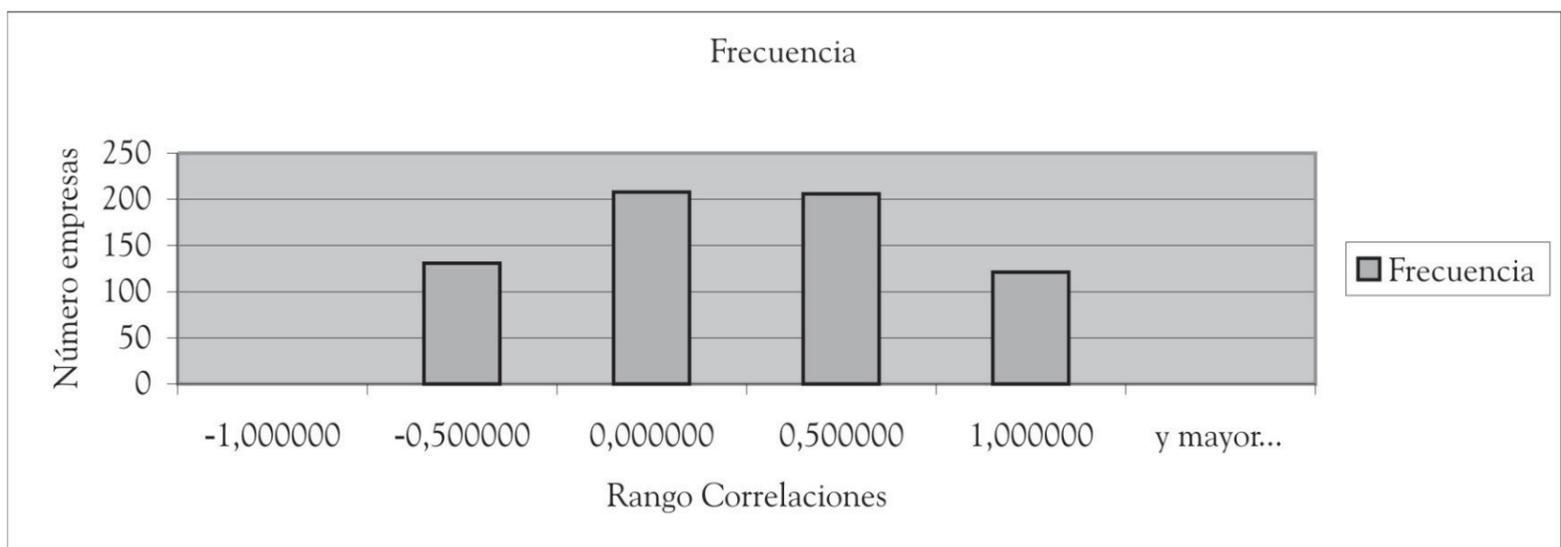
**Gráfico 5**

Correlación de los ROI promedio de todos los sectores de las medianas empresas



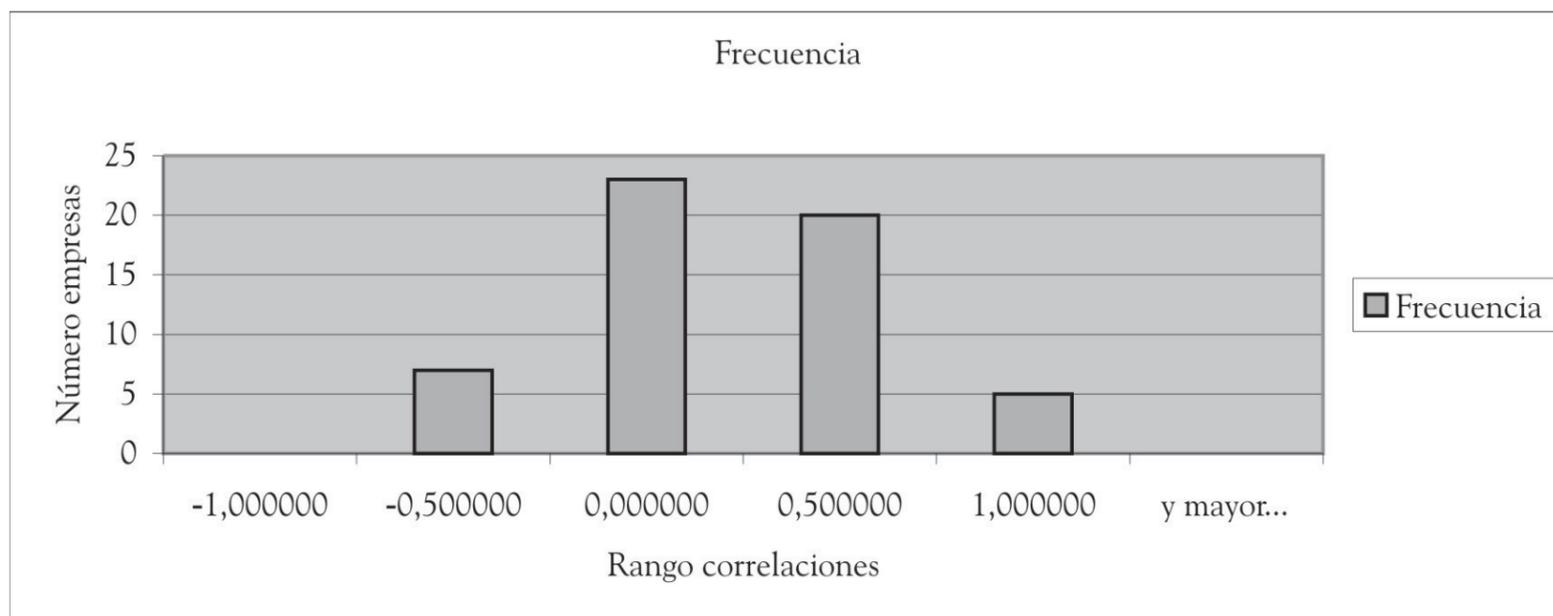
**Gráfico 6**

Correlación de los ROI promedio de todos los sectores de las pequeñas empresas



**Gráfico 7**

Correlación de los ROI promedio de todos los sectores de las microempresas



En el cuadro 7 y el gráfico 8 se presenta una comparación del comportamiento de las correlaciones para todos los sectores y los sectores con las empresas agrupadas por tamaños.

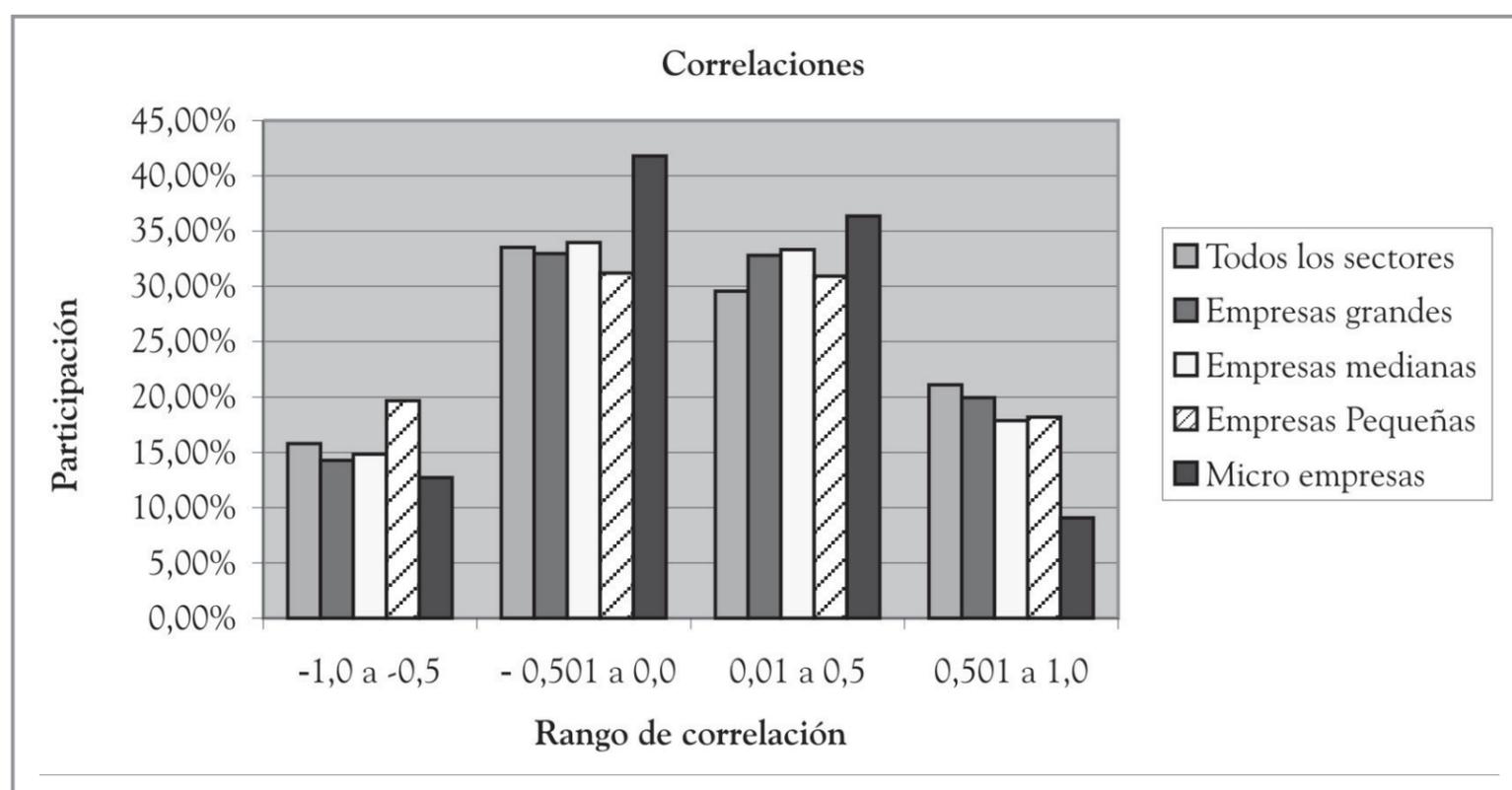
**Cuadro 7**

Comparación de las correlaciones

Correlación	-1,0 a -0,5	- 0,501 a 0,0	0,01 a 0,5	0,501 a 1,0
Todos los sectores	15,79%	33,52%	29,57%	21,12%
Empresas grandes	14,29%	32,99%	32,79%	19,94%
Empresas medianas	14,82%	33,96%	33,33%	17,88%
Empresas Pequeñas	19,67%	31,23%	30,93%	18,17%
Micro empresas	12,73%	41,82%	36,36%	9,09%

**Gráfico 8**

Comparación de las correlaciones



Para resaltar y tomando sólo el sector 1 (ROI promedio 1,27%) agrícola con predominio exportador, en la matriz de correlaciones para todas las empresas agrupadas por sectores se puede observar que dicho sector tiene una correlación negativa importante de  $-0,84039$  con el sector 2 carbón y derivados, la cual podría ayudar a reducir el riesgo al incluir estos dos sectores en una cartera de acreditados.

El sector 1 agrícola con predominio exportador también se correlaciona negativamente con: bebidas  $-0,53175$ ; preparación de madera y productos de madera  $-0,55966$ ; fabricación de papel, cartón y productos derivados  $-0,88010$ ; industria metalmecánica derivada  $-0,60885$ ; fabricación de vehículos automotores y sus partes  $-0,95165$ ; fabricación de otros medios de transporte y sus partes  $-0,85321$ ; comercio de vehículos y actividades conexas  $-0,82034$ ; comercio al por menor  $-0,69567$ ; transporte terrestre de carga  $-0,78139$ ; servicios sociales y de salud  $-0,78769$ ; silvicultura y actividades relacionadas  $-0,82444$ ; almacenamiento y otras actividades relacionadas con transporte y almacenamiento  $-0,69334$ , y actividades de turismo  $-0,78505$ . Lo anterior indica que el sector 1 podría ser un buen candidato para

incluir en una cartera de acreditados que busque reducir riesgos.

Otros sectores a resaltar por su alto ROI promedio y bajas correlaciones con otros sectores son: sector 38, servicios sociales y de salud, con un ROI promedio del 23% y correlaciones inferiores a  $-0,5$  con seis sectores; el sector 49, transporte marítimo y fluvial, con ROI promedio de 29% y correlacionado negativamente ( $< -0,5$ ) con cuatro sectores; el sector 50, transporte aéreo, tiene un ROI promedio de 52% y se correlaciona negativamente ( $< -0,5$ ) con trece sectores.

### Frontera de Eficiencia

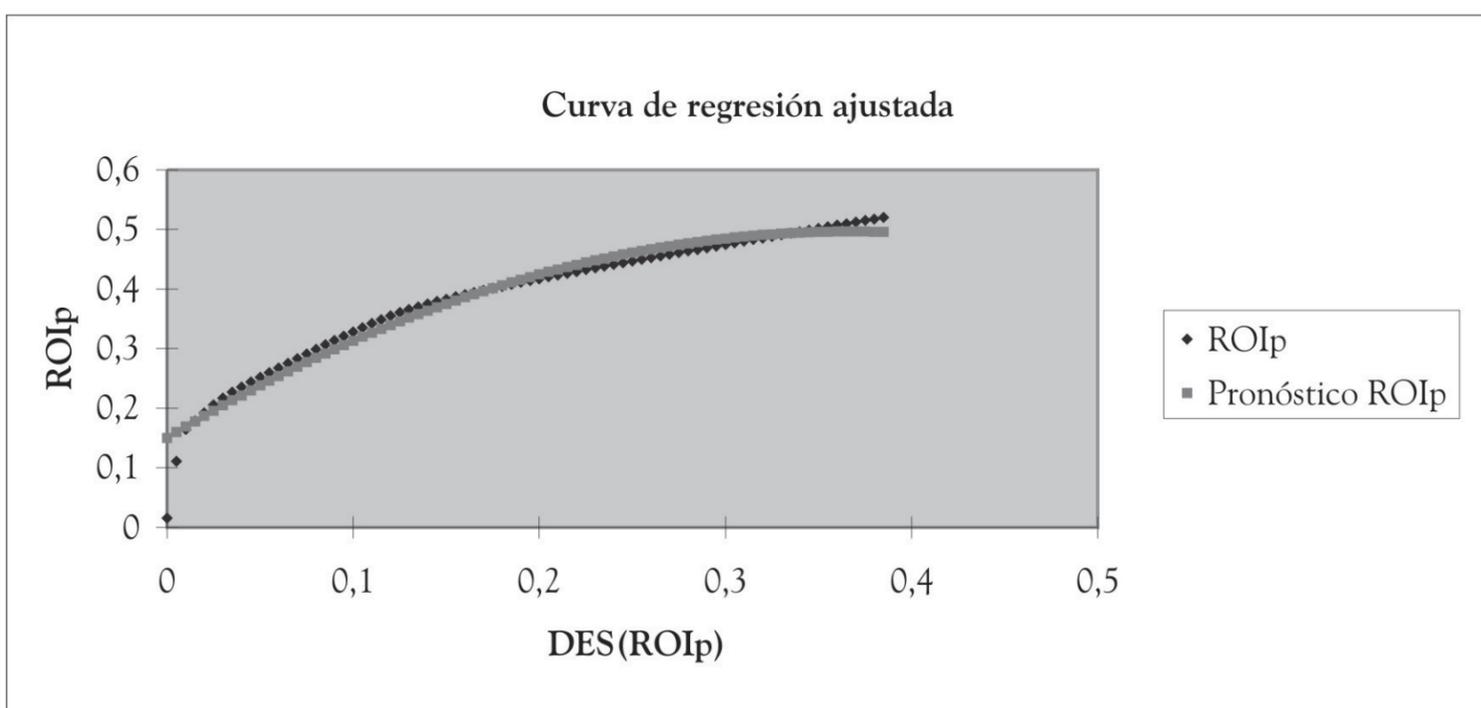
#### Todos los sectores

En el gráfico 9 aparecen las fronteras de eficiencia para todos los sectores, donde la curva de regresión ajustada obedece a la siguiente ecuación:

$$E(\text{ROI}_p) = -2,5595 \sigma^2 (\text{ROI}_p) + 1,8828 \sigma (\text{ROI}_p) + 0,15047$$

Con un coeficiente de correlación del 0,9824 y un coeficiente de determinación de 0,9651.

**Gráfico 9**  
Frontera de eficiencia para todas las empresas



La frontera de eficiencia se inicia con una cartera que presenta un rendimiento ( $E(R_p)$ ) del 1,57% con riesgo muy cercano a cero y está conformada por la mayoría de los sectores con la más alta participación del sector agrícola con predominio exportador (29,51%); las carteras siguientes se generaron variando el riesgo en un 0,5% hasta alcanzar una cartera con un rendimiento esperado  $E(ROI_p)$  del 47,48% y un riesgo  $\sigma(ROI_p)$  del 30% conformada fundamentalmente por los sectores transporte marítimo y fluvial (20,90%) y transporte aéreo (79,10%). El escenario T, el cual maximiza la relación rendimiento riesgo ( $E(ROI_p) / \sigma(ROI_p)$ ), presentó un rendimiento esperado  $E(ROI_p)$  del 10,18% y una desviación estándar  $\sigma(ROI_p)$  de 0,020%. Este escenario está conformado por 28 sectores, con participación significativa de: productos químicos 16,76%, servicios sociales y de salud 12,80%, transporte aéreo 12,45% y transporte por tubería 7,41%.

#### Empresas grandes agrupadas por sectores

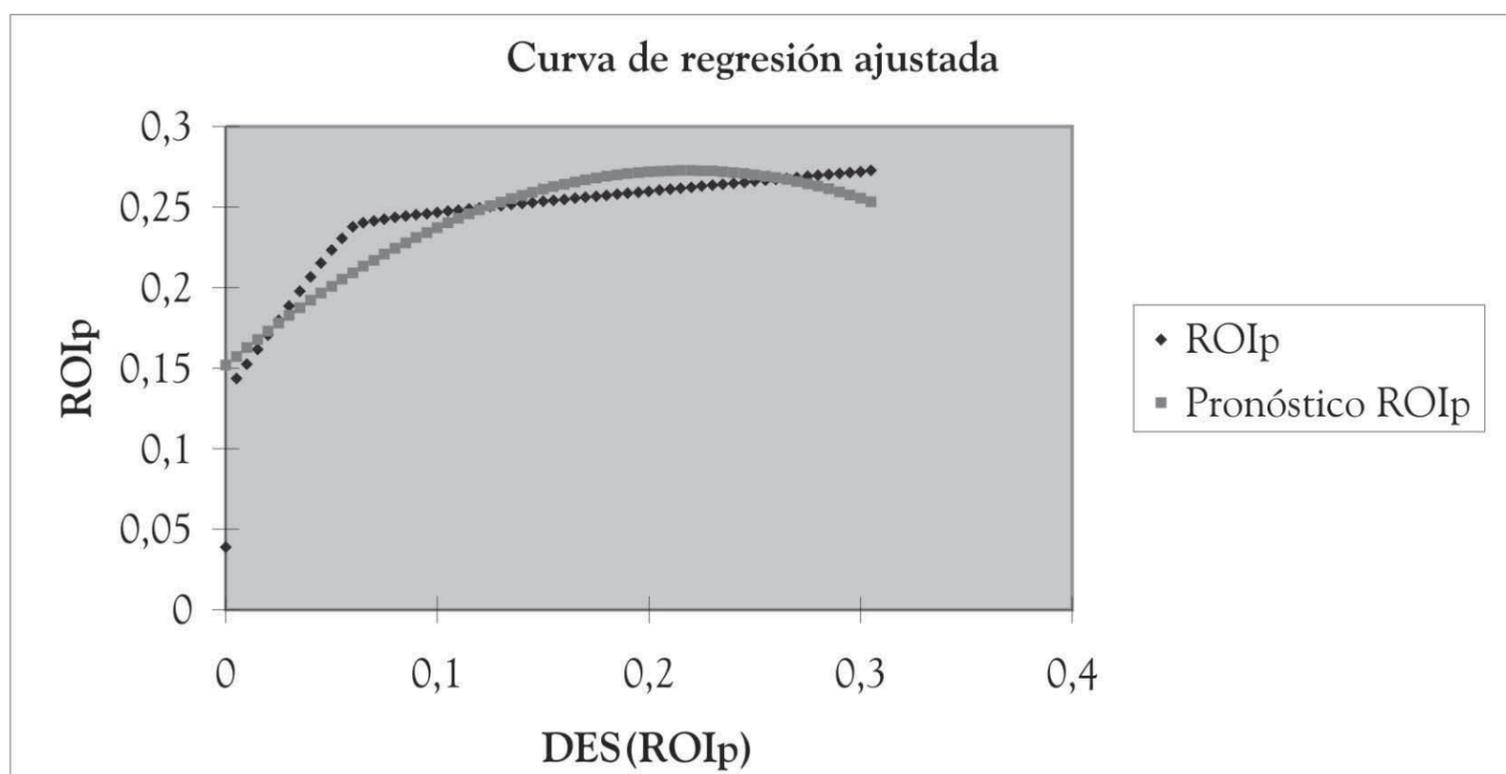
En el gráfico 10 se presenta la frontera de eficiencia para todas las empresas grandes agrupadas por sectores, donde la curva de regresión ajustada obedece a la siguiente ecuación:

$$E(ROI_p) = -2,5471\sigma^2(ROI_p) + 1,1100\sigma(ROI_p) + 0,1518$$

Con un coeficiente de correlación del 0,8801 y un coeficiente de determinación de 0,7746.

La frontera de eficiencia se inicia con una cartera que presenta un rendimiento ( $E(R_p)$ ) del 3,89% con riesgo muy cercano a cero y está conformada por todos los sectores con la más alta participación del sector agrícola con predominio exportador (18,61%); las carteras siguientes se generaron variando el riesgo en un 0,5% hasta alcanzar una cartera con un rendimiento esperado  $E(ROI_p)$  del 26,82% y un riesgo  $\sigma(ROI_p)$  del 31,00% conformada fundamentalmente por los sectores: servicios sociales y de salud (1,23%) y derivados del petróleo y gas (98,77%). El escenario T, el cual maximiza la relación rendimiento riesgo ( $E(ROI_p) / \sigma(ROI_p)$ ), presentó un rendimiento esperado del  $E(ROI_p)$  4,50% y una desviación estándar  $\sigma(ROI_p)$  de  $3,0686E-08$ ; este escenario está conformado por 49 sectores donde el sector agrícola con predominio exportador tiene el mayor peso con un 17,57% .

**Gráfico 10**  
Frontera de eficiencia para las empresas grandes



### Empresas medianas agrupadas por sectores

En el gráfico 11 se muestra la frontera de eficiencia para todas las empresas medianas agrupadas por sectores, donde la curva de regresión ajustada obedece a la siguiente ecuación:

$$E(\text{ROI}_p) = -0,8063\sigma^2(\text{ROI}_p) + 1,2051\sigma(\text{ROI}_p) + 0,2736$$

Con coeficientes 0,9724 de correlación y 0,9455 de determinación.

La frontera de eficiencia se inicia con una cartera que exhibe un rendimiento ( $E(R_p)$ ) del 2,62% con riesgo muy cercano a cero y está conformada por la mayoría de todos los sectores con la más alta participación del sector fabricación de productos minerales no metálicos (4,85%); las carteras siguientes se generaron variando el riesgo en un 0,5% hasta alcanzar una cartera con un rendimiento esperado  $E(\text{ROI}_p)$  del 88,46% y un riesgo  $\sigma(\text{ROI}_p)$  del 78,00% conformada fundamentalmente por el

sector transporte aéreo (99,97%). El escenario T, que maximiza la relación rendimiento riesgo ( $E(\text{ROI}_p) / \sigma(\text{ROI}_p)$ ) presentó un rendimiento esperado  $E(\text{ROI}_p)$  del 25,56% y una desviación estándar  $\sigma(\text{ROI}_p)$  de 0,27%; este escenario está conformado por los sectores 1, 5, 10, 23, 26, 28,46, 52, 55 con una participación cercana a cero y los siguientes sectores con participación significativa: industrias metálicas básicas 13,40%, actividades inmobiliarias 5,48% y transporte marítimo y fluvial 76,16%.

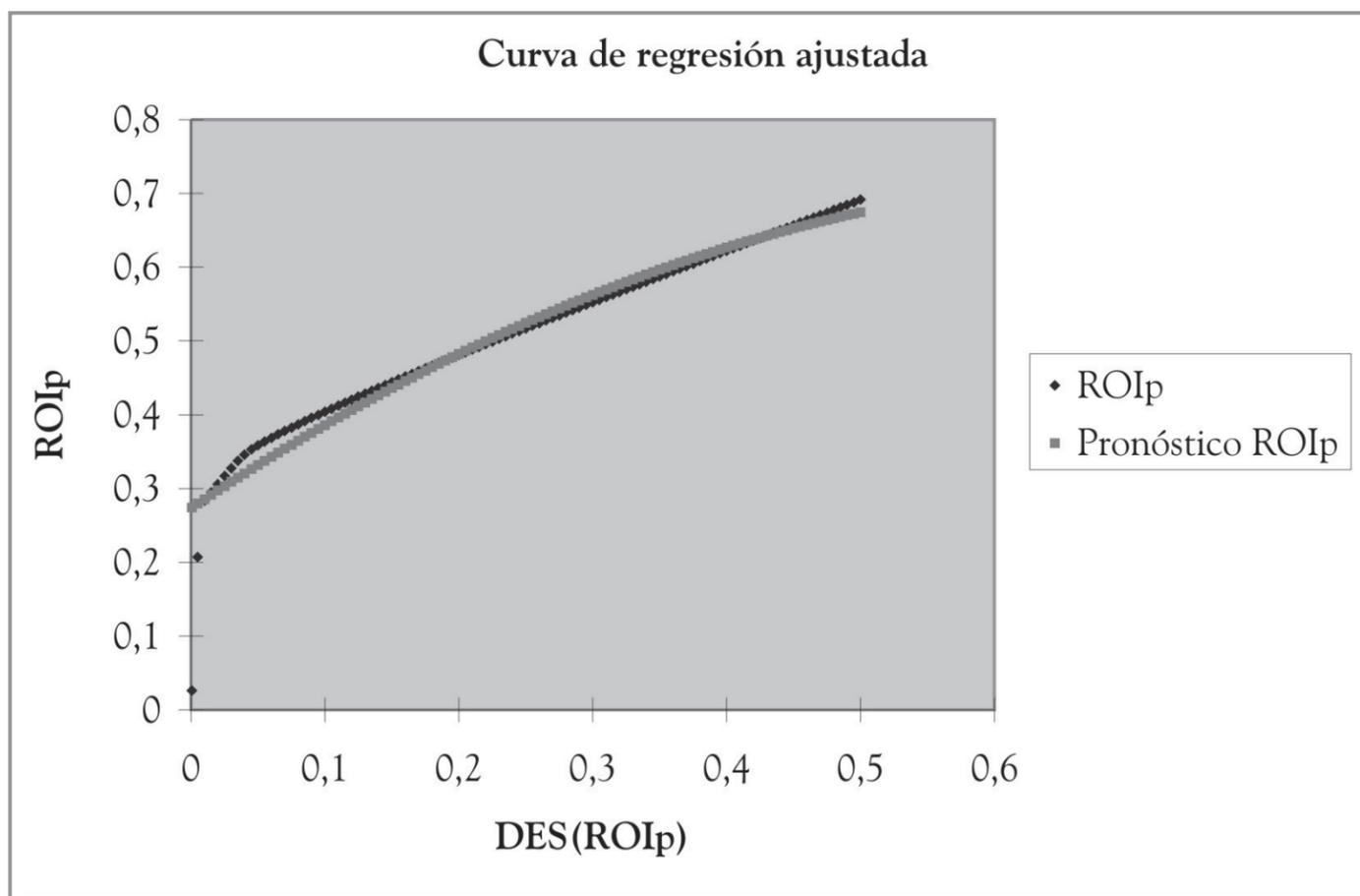
### Empresas pequeñas agrupadas por sectores

En el gráfico 12 se despliega la frontera de eficiencia para todas las empresas pequeñas agrupadas por sectores, donde la curva de regresión ajustada obedece a la siguiente ecuación:

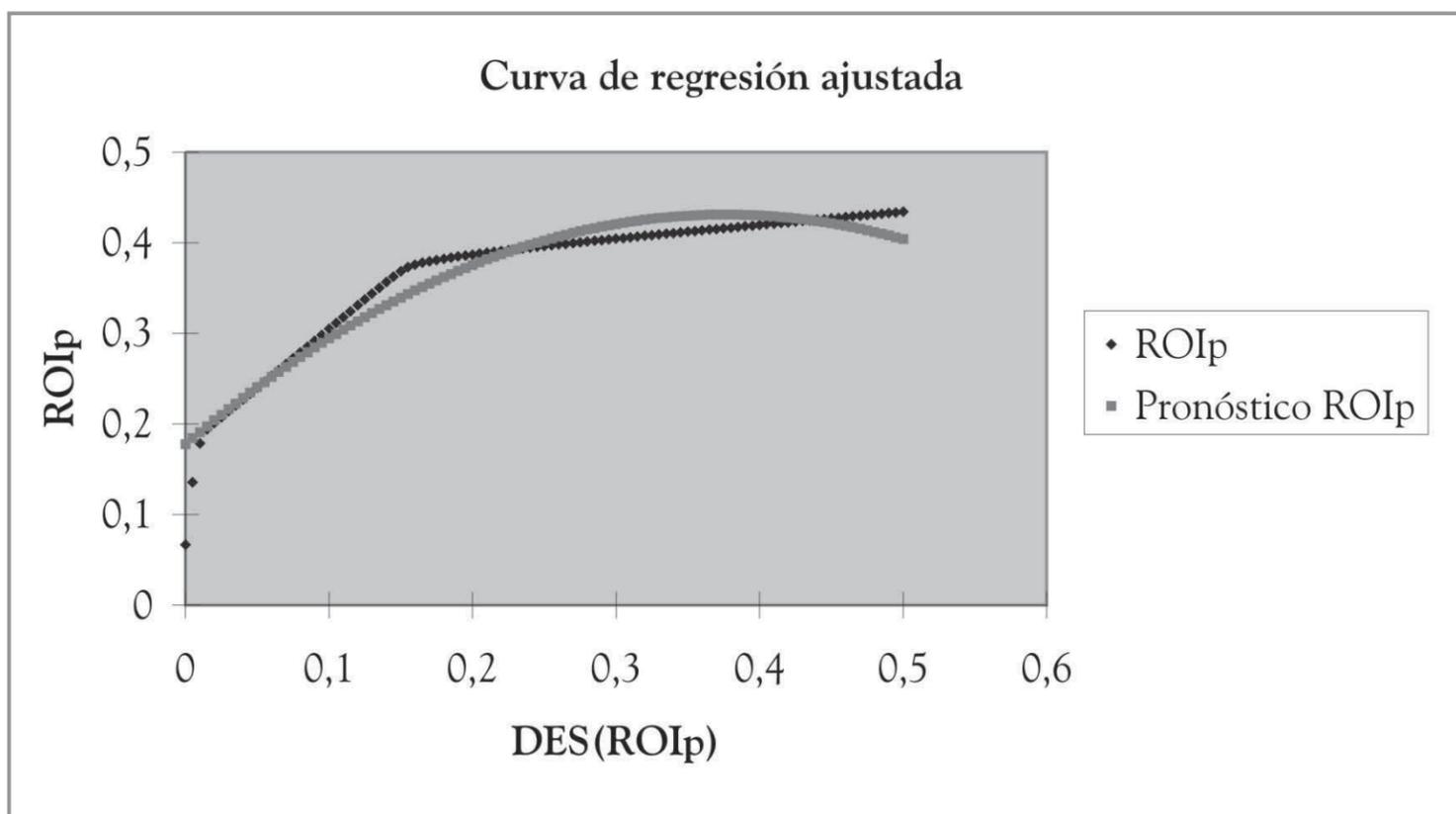
$$E(\text{ROI}_p) = -1,7868\sigma^2(\text{ROI}_p) + 1,3459\sigma(\text{ROI}_p) + 0,1777$$

Con coeficiente de correlación 0,9692 y coeficiente de determinación de 0,9394.

**Gráfico 11**  
Frontera de eficiencia para las empresas medianas



**Gráfico 12**  
Frontera de eficiencia para las empresas pequeñas



La frontera de eficiencia se inicia con una cartera que presenta un rendimiento  $E(\text{ROIp})$  del 6,68% y un riesgo  $\sigma(\text{ROIp})$  cercano a cero y está conformada por todos los sectores con la más alta participación del sector de manufacturas de calzado y productos relacionados (6,63%); las carteras siguientes se generaron variando el riesgo en 0,5% hasta alcanzar una cartera con rendimiento esperado de  $E(\text{ROIp})$  del 50,38% y un riesgo  $\sigma(\text{ROIp})$  del 100% conformada fundamentalmente por los sectores bebidas (68,48%) y otras actividades de servicios sociales, comunitarias (31,52%). Es importante anotar que es posible encontrar carteras con riesgo mayor al 100%, pero conformadas siempre por estos dos sectores. El escenario T, que maximiza la relación rendimiento riesgo  $E(\text{ROIp}) / \sigma(\text{ROIp})$ , presentó un rendimiento esperado  $E(\text{ROIp})$  del 7,24% y una desviación estándar  $\sigma(\text{ROIp})$  de 2,654E-06; este escenario está constituido por 16 sectores dentro de los cuales son de mayor participación bebidas 7,64%, fabricación de telas y actividades relacionadas 6,70%, fabricación de prendas de vestir 4,89%, manufacturas de calzado

y productos relacionados 6,59%, productos químicos 3,8%, productos de plástico 4,70%, fabricación de vidrio y productos de vidrio 4,44%, otras industrias manufactureras 7,19%, comercio de combustibles y lubricantes 4,95%, almacenamiento y otras actividades relacionadas con transporte y almacenamiento 5,55%, telefonía y redes 4,40%, pesca, piscicultura y actividades relacionadas 4,05% y actividades de informática con 5,41%.

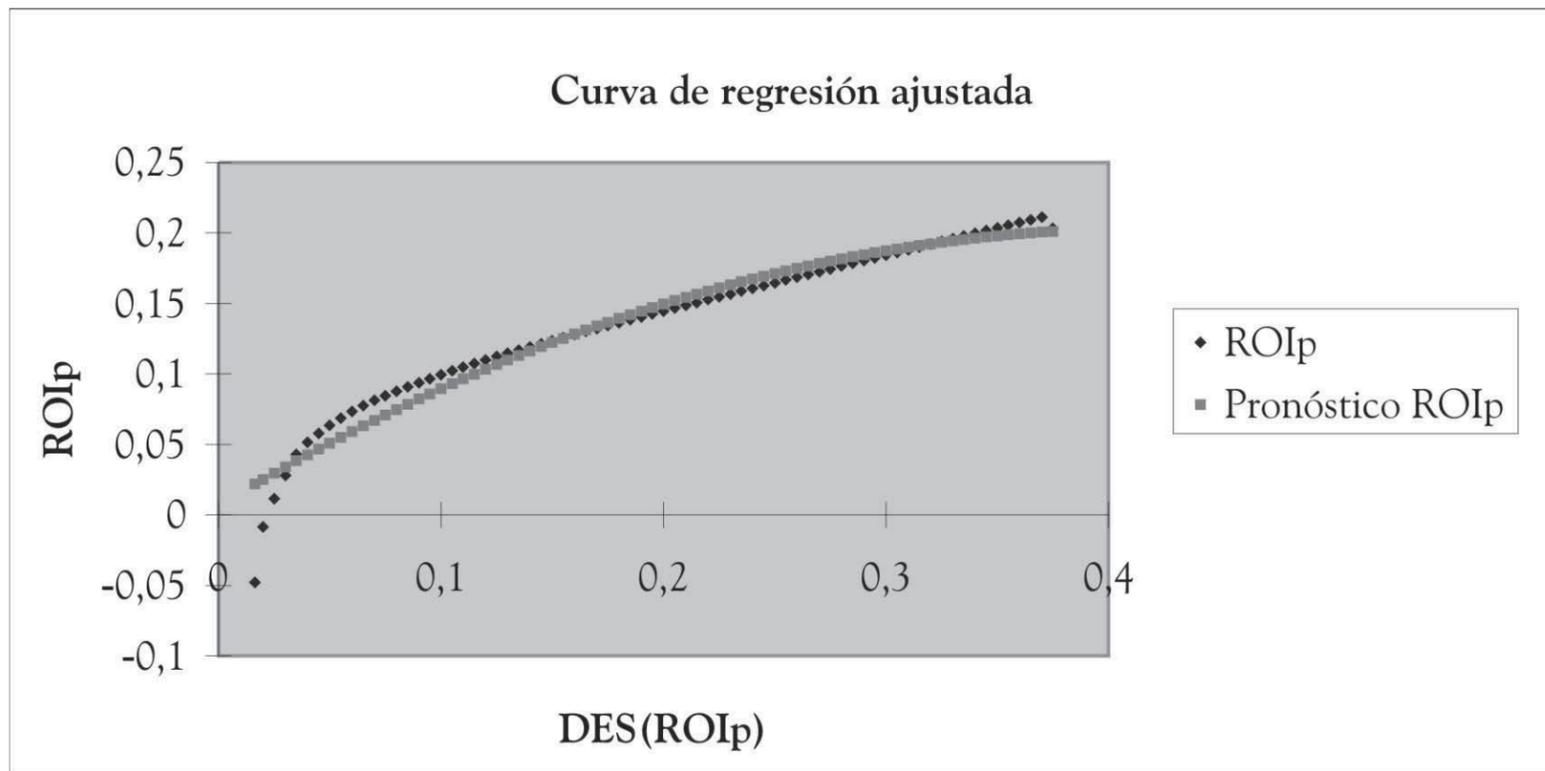
#### Microempresas agrupadas por sectores

En el siguiente gráfico se presenta la frontera de eficiencia para todas las microempresas agrupadas por sectores, donde la curva de regresión ajustada obedece a la siguiente ecuación:

$$E(\text{ROIp}) = -1,1186\sigma^2(\text{ROIp}) + 0,9375\sigma(\text{ROIp}) + 0,0069$$

Con un coeficiente de correlación del 0,9773 y un coeficiente de determinación de 0,9552.

**Gráfico 13**  
Frontera de eficiencia para las microempresas

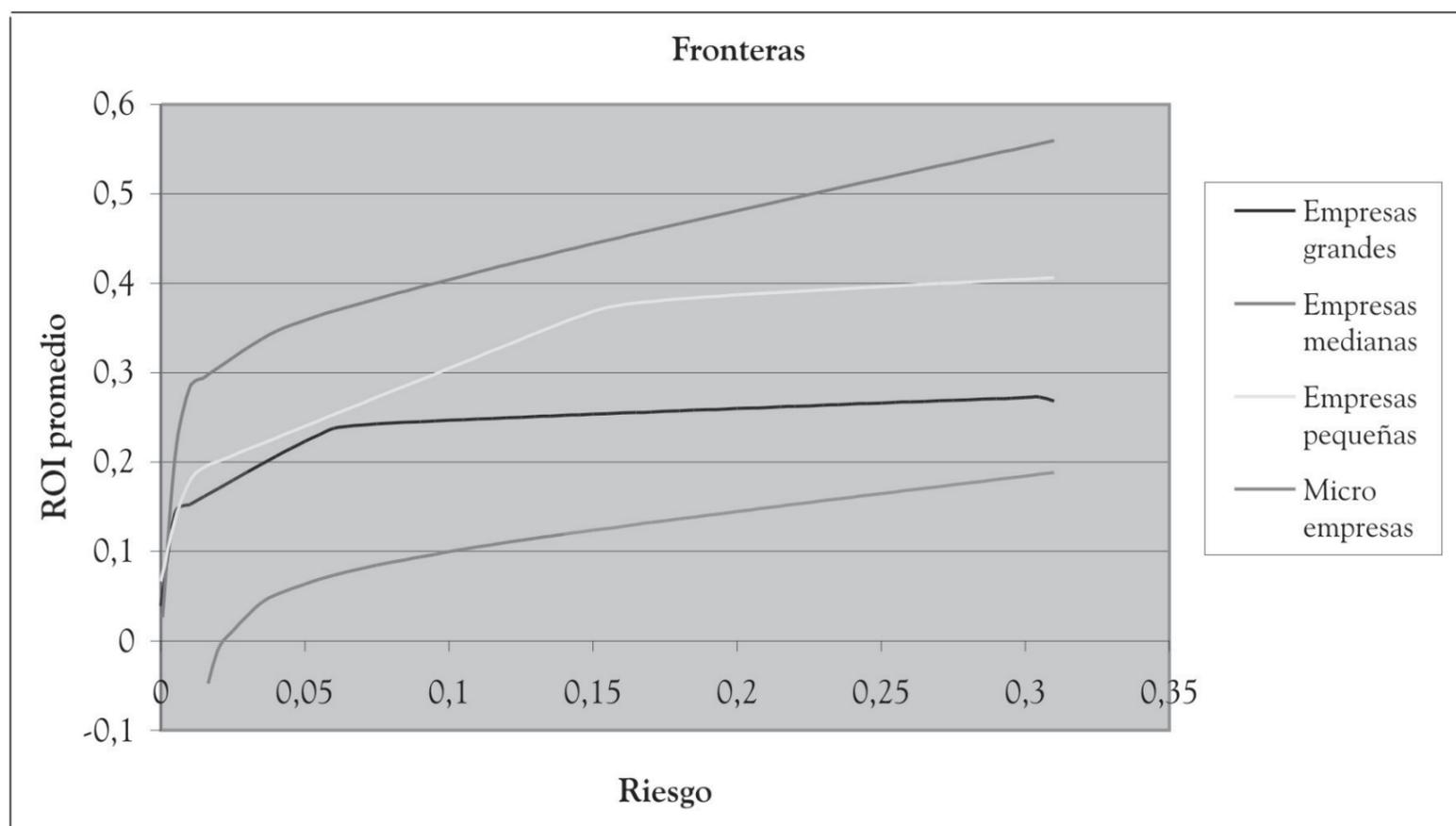


La frontera de eficiencia se inicia con una cartera que presenta un rendimiento  $E(R_p)$  del  $-4,79\%$  con riesgo  $1,63\%$  y está conformada por la mayoría de los sectores con la más alta participación del sector productos de plástico ( $50,27\%$ ); las carteras siguientes se generaron variando el riesgo en un  $0,5\%$  hasta alcanzar una cartera con un rendimiento esperado  $E(\text{ROI}_p)$  del  $20,33\%$  y un riesgo  $\sigma(\text{ROI}_p)$  del  $37,5\%$  conformada fundamentalmente por el sector transporte marítimo y fluvial ( $99,16\%$ ). El escenario T, que maximiza la relación rendimiento riesgo ( $E(\text{ROI}_p) / \sigma(\text{ROI}_p)$ ), presentó un rendimiento esperado  $E(\text{ROI}_p)$  del  $5,44\%$  y una desviación estándar  $\sigma(\text{ROI}_p)$  de  $1,78\%$ ; este escenario está conformado por cuatro sectores: productos de plástico  $54,09\%$ , transporte marítimo y fluvial  $17,29\%$ , actividades de informática  $10,45\%$ , adecuación de obras de construcción  $18,17\%$ .

#### **Análisis comparativo de las fronteras de eficiencia para los sectores, con las empresas agrupadas por tamaño**

El gráfico 14 deja ver las fronteras de eficiencia para las empresas agrupadas por tamaño. Como se puede observar, para un nivel dado de riesgo las empresas medianas presentan un nivel de rendimiento superior; siguen en su orden las empresas pequeñas, las grandes y por último las microempresas. Además, las pendientes indican que el cambio en el rendimiento ante una variación en el riesgo es mayor para las empresas pequeñas con pendiente de  $1,35$ , siguen las medianas con pendiente de  $1,21$ , las grandes con  $1,11$  y las micro con  $0,93$ .

**Gráfico 14**  
Fronteras de eficiencia para las empresas agrupadas por tamaño



## Conclusiones

De acuerdo con la evidencia empírica, la conclusión más importante del presente estudio es la posibilidad, en el medio colombiano de reducir el riesgo en las carteras de acreditados si se asignan los créditos de la banca empresarial entre sectores con bajas correlaciones entre sí, esto es, aplicando la teoría de portafolios desarrollada por Markowitz en 1956.

Esta reducción del riesgo implica una disminución en el capital económico que las instituciones financieras deben reservar para cubrir las posibles pérdidas por el *default* de los préstamos, en correspondencia con el Acuerdo de Basilea y sus implicaciones en el Raroc (Risk Adjusted Return On Capital).

Es de anotar que uno de los criterios de mayor interés en el Acuerdo de Basilea II es la segmentación de portafolios, y el grado de correlación entre los diferentes sectores podría ser un factor importante para lograr la adecuada segmentación de portafolios.

El estudio mostró rendimiento promedio negativo en los diferentes sectores, 81,82% en las micro, 48,65% en las pequeñas, 45,10% en las medianas y 28,57% en las grandes. Los autores consideran que en buena medida ello se debe al período seleccionado para la muestra, 1998-2003.

Durante este lapso se produjo un período de recesión, 1998-2000, y una etapa de leve recuperación, 2000-2003. Cuando estos fenómenos se presentan, los resultados negativos para las empresas son evidentes y el crédito para capital de trabajo e inversión se restringe considerablemente, sobre todo para las micro, pequeñas y medianas empresas, impidiendo el crecimiento necesario para superar su punto de equilibrio y generar así utilidades operacionales positivas.

Este estudio puede servir como base para adelantar otras investigaciones relacionadas, por ejemplo, la forma como se correlacionan los rendimientos de las empresas dentro de un sector para observar si es posible diversificar riesgos asignando créditos a diferentes empresas dentro del sector.

## Bibliografía

---

- Banco Interamericano de Desarrollo; Grupo Santander. 1999. *Gestión de riesgos financieros: un enfoque práctico para países latinoamericanos*. Washington, D.C.
- Brealey, R. y S. Myers. 1998. *Principios de finanzas corporativas*. Madrid: Mcgraw Hill.
- Cardona Marín, Z. I. 2003. *Finanzas corporativas, Notas de clase*. Medellín. Cargraphics S.A.
- De Lara, H. A. 2002. *Medición y control de riesgos financieros*. México: Limusa Noriega Editores.
- Duchemin, S.; Laurent, M.P. y Schmit, M. 2004. Asset return correlation in Basel II: The Case Of Automotive Lease Portfolios. En: Solvay business school. Bruxelles. Université libre de Bruxelles. Centre Emile Bernheim.
- Elton, E. J. & M. J. Gruber. 1995. *Modern portfolio theory and investment analysis*. New York: John Wiley & Sons, Inc., Fifth edition.
- García Céspedes, J. C. 2002. "Credit risk modelling and Basel II, en: *Algo Research Quarterly*. Vol. 5. N° 1.
- Gordon J., A.; Sharpe, W. F. y Bailey, J. V. 2003. *Fundamentos de Inversiones, Teoría y práctica*. México: Prentice Hall.
- Laurent, M P. 2004. Asset return correlation in Basel II: implications for credit risk management. En: Solvay business school. Bruxelles. Université libre de Bruxelles. Centre Emile Bernheim.
- Moyer, C., Mcguigan, A. y Kretlow, W. 2000. *Administración financiera contemporánea*. México: International Thompson.
- Ross S. A., Westerfield, R. W. y Jaffe, J. F. 2000. *Fundamentos de finanzas corporativas*. México: Mcgraw Hill.
- Weston J., F. y T. E. Copeland. 1995. *Finanzas en administración*. México: Mcgraw Hill.

### Recursos electrónicos

- Bank for international settlements. *El nuevo acuerdo de capital de Basilea*. <http://www.bis.org>. (febrero 2004).
- Asociación Bancaria y de entidades financieras de Colombia. 2003. <http://www.asobancaria.com> (2004, febrero).
- Ministerio de Protección Social. 2004. Salario mínimo mensual legal. 1998-2003. <http://www.minproteccionsocial.gov.co>. (agosto 2004).
- Superintendencia de Sociedades. 2004. Boletín estadístico. Estados financieros (1998-2003). <http://www.supersociedades.gov.co> (enero - junio 2004)
- Superintendencia de valores. 2004. <http://www.supervalores.gov.co> (junio 2004).

**Anexo 1**  
Sectores económicos incluidos en la muestra

Nº SECTOR	SECTOR	Finales	Micro (T4)	Peq. (T3)	Media (T2)	Gde. (T1)
1	Agrícola con predominio exportador	144	0	0	2	142
2	Carbón y derivados	11	0	2	2	7
3	Extracción de petróleo crudo y gas natural	33	4	2	2	25
4	extracción y explotación de otros minerales	16	0	3	4	9
5	Productos alimenticios	218	0	1	27	190
6	Bebidas	30	0	1	3	26
8	Fabricación de telas y actividades relacionadas	50	0	1	5	44
9	Fabricación de prendas de vestir	85	0	1	18	66
10	Curtiembres y manufacturas de cuero diferentes a calzado	11	0	0	2	9
11	Manufacturas de calzado y productos relacionados	17	0	1	4	12
12	Preparación de madera y productos de madera	8	0	0	2	6
13	Fabricación de papel, cartón y productos derivados	27	0	0	0	27
14	Editorial e impresión (sin incluir publicaciones periódicas)	65	0	4	10	51
15	Productos químicos	140	0	2	7	131
16	Productos de caucho	10	0	0	0	10
17	Productos de plástico	80	1	2	13	64
18	Fabricación de vidrio y productos de vidrio	9	0	1	3	5
19	Fabricación de productos minerales no metálicos	26	0	1	4	21
20	Fabricación de productos de cemento, hormigón, yeso y cal	15	0	0	2	13
21	Industrias metálicas básicas	23	0	0	1	22
22	Industria metalmeccánica derivada	60	0	0	8	52
23	Fabricación de vehículos automotores y sus partes	44	0	1	7	36
24	Fabricación de otros medios de transporte y sus partes	6	0	0	0	6
25	Otras industrias manufactureras	56	0	2	4	50
26	Generación y suministro de electricidad gas y agua	7	0	1	1	5
27	Construcciones de obras residenciales	63	0	3	15	45

Nº SECTOR	SECTOR	Finales	Micro (T4)	Peq. (T3)	Media (T2)	Gde. (T1)
28	Comercio de vehículos y actividades conexas	159	0	16	55	88
29	Comercio al por mayor	550	381	136	29	4
30	Comercio al por menor	135	0	7	36	92
31	Alojamiento	47	0	2	15	30
32	Transporte terrestre de carga	5	0	0	4	1
35	Actividades inmobiliarias	131	1	5	16	109
37	Educación	1	0	0	0	1
38	Servicios sociales y de salud	2	0	0	0	2
39	Otras actividades de servicios sociales, comunitarias	43	1	6	9	27
41	Comercio de combustible y lubricantes	18	0	3	7	8
42	Otros sectores agrícolas	18	0	3	5	10
43	Actividades pecuarias y de caza	97	0	4	17	76
45	Silvicultura y actividades relacionadas	12	0	0	2	10
46	Fabricación de otros productos con materiales textiles	22	0	0	3	19
47	Publicaciones periódicas	12	0	1	1	10
48	Fabricación de maquinaria y equipo	53	0	1	9	43
49	Transporte marítimo y fluvial	3	1	0	2	0
50	Transporte aéreo	4	0	0	2	2
52	Otros sistemas de transporte de pasajeros	3	0	0	1	2
53	Transporte por tubería	3	0	0	0	3
54	Almacenamiento y otras actividades relacionadas con transporte y almacenamiento	24	0	3	6	15
55	Telefonía y redes	39	0	1	3	35
56	Radio y televisión	28	1	4	5	18
59	Pesca, piscicultura y actividades relacionadas	10	0	1	2	7
60	Actividades de informática	13	1	1	3	8
61	Otras actividades empresariales	149	10	13	45	81
62	Construcción de obras civiles	88	5	12	18	53
63	Adecuación de obras de construcción	36	1	4	7	24
64	Derivados del petróleo y gas	50		4	13	33
65	Expendio de alimentos y bebidas	24	0	2	5	17
66	Actividades de turismo	5	1	0	1	3
	<b>TOTAL</b>	<b>3038</b>	<b>408</b>	<b>258</b>	<b>467</b>	<b>1905</b>

## Anexo 2

Cuentas de balance y estado de resultados proporcionados por la Supersociedades.

1105 Caja
1110 Bancos
1115 Remesas en Tránsito
1120 Cuentas de Ahorro
1125 Fondos
11 SUBTOTAL DISPONIBLE
12 INVERSIONES
1305 Clientes
1310 Cuentas Corrientes Comerciales
1315 Cuentas por Cobrar a Casa Matriz
1320 Cuentas por Cobrar a Vinculados Económicos
1323 Cuentas por Cobrar a Directores
1325 Cuentas por Cobrar a Socios y Accionistas
1328 Aportes por Cobrar
1330 Anticipos y Avances
1332 Cuentas de Operación Conjunta
1335 Depósitos
1340 Promesas de Compraventa
1345 Ingresos por Cobrar
1350 Retención Sobre Contratos (CP)
1355 Anticipos Impuestos y Contribuciones o Saldos a Favor
1360 Reclamaciones (CP)
1365 Cuentas x Cobrar a Trabajadores (CP)
1370 Préstamos a Particulares
1380 Deudores Varios (CP)
1385 Derechos Recompra Cartera Negociada (CP)
1390 Deudas de Difícil Cobro (CP)
1399 Provisiones (CP)
13 SUBTOTAL DEUDORES CORTO PLAZO
1405 Materias Primas
1410 Productos en Proceso
1415 Obras de Construcción en Curso
1417 Obras de Urbanismo

1420 Contratos en Ejecución
1425 Cultivos en Desarrollo
1428 Plantaciones Agrícolas
1430 Productos Terminados
1435 Mercancías no Fabricadas x la Empresa
1440 Bienes Raíces para la Venta
1445 Semovientes
1450 Terrenos
1455 Materiales Repuestos y Accesorios
1460 Envases y Empaques
1465 Inventarios en Tránsito
1499 Provisiones
14 SUBTOTAL INVENTARIOS
1705 Gastos Pagados x Anticipado
1710 Cargos Diferidos
1715 Costos de Exploración x Amortizar
1720 Costos de Explotación y Desarrollo
1730 Cargos por Corrección Monetaria Diferida
1798 Amortización Acumulada
17 SUBTOTAL DIFERIDO
0 TOTAL ACTIVO CORRIENTE
12 INVERSIONES
1305 Clientes (LP)
1310 Cuentas Corrientes Comerciales (LP)
1315 Cuentas x Cobrar a Casa Matriz (LP)
1320 Cuentas por cobrar a Vinculados Económicos
1323 Cuentas por Cobrar a Directores
1325 Cuentas x Cobrar a Socios y Accionistas (LP)
1330 Anticipos y Avances (LP)
1332 Cuentas de Operación Conjunta
1335 Depósitos (LP)
1340 Promesa de Compraventa (LP)
1345 Ingresos por Cobrar
1350 Retención Sobre Contratos (LP)
1355 Anticipo de Impuestos y contribuciones o saldos a favor
1360 Reclamaciones (LP)

1365 Cuentas por Cobrar a Trabajadores (LP)
1370 Préstamos a Particulares
1380 Deudores Varios (LP)
1385 Derechos de Recompra Cartera Negociada (LP)
1390 Deudas de Difícil Cobro (LP)
1399 Provisiones (LP)
13 SUBTOTAL DEUDORES LARGO PLAZO
15 PROPIEDADES PLANTA Y EQUIPO NETO
1605 Crédito Mercantil
1610 Marcas
1615 Patentes
1620 Concesiones y franquicias
1625 Derechos
1630 <i>Know How</i>
1635 Licencias
1698 Amortización Acumulada
1699 Provisiones
16 SUBTOTAL INTANGIBLES
1705 Gastos Pagados x Anticipado
1710 Cargos Diferidos
1715 Costos de Exploración x Amortizar
1720 Costos de Explotación y Desarrollo
1730 Cargos por Corrección Monetaria Diferida
1798 Amortización Acumulada
17 SUBTOTAL DIFERIDOS
1805 Bienes de Arte y Cultura
1895 Diversos
1899 Provisiones
18 SUBTOTAL OTROS ACTIVOS
1905 De Inversiones
1910 De Propiedades Planta y Equipo
1995 De Otros Activos
19 SUBTOTAL VALORIZACIONES
0 TOTAL ACTIVO NO CORRIENTE
0 TOTAL ACTIVO

El TOTAL DE ACTIVOS OPERACIONALES está conformado por la sumatoria de las cuentas que aparecen sombreadas.

Las cuentas contables del estado de resultados proporcionadas por la Supersociedades, son:

41 INGRESOS OPERACIONALES
61 MENOS COSTO VENTAS Y PRESTACIÓN SERVICIOS
0 UTILIDAD BRUTA
51 MENOS GASTOS OPERACIONALES ADMINISTRACIÓN
52 MENOS GASTOS OPERACIONALES DE VENTAS
0 UTILIDAD OPERACIONAL
42 MÁS INGRESOS NO OPERACIONALES
53 MENOS GASTOS NO OPERACIONALES
0 UTILIDAD NETA ANTES DE IMPUESTOS
47 AJUSTES POR INFLACIÓN
54 MENOS IMPUESTOS DE RENTA Y COMPLEMENTARIOS
59 GANANCIAS Y PÉRDIDAS