

## Análisis de supervivencia aplicado a la banca comercial venezolana, 1996 – 2004

Survival Analysis Applied to Commercial Bank in Venezuela between  
1996 and 2004

MARÍA ALEJANDRA AYALA<sup>1,a</sup>, RAFAEL EDUARDO BORGES<sup>1,b</sup>,  
GERARDO COLMENARES<sup>2,c</sup>

<sup>1</sup>ESCUELA DE ESTADÍSTICA, FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES, UNIVERSIDAD  
DE LOS ANDES, MÉRIDA, VENEZUELA

<sup>2</sup>INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y SOCIALES, FACULTAD DE CIENCIAS  
ECONÓMICAS Y SOCIALES, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, MÉRIDA, VENEZUELA

---

### Resumen

Se utiliza el análisis de supervivencia como técnica estadística para investigar cuándo es probable que una entidad financiera cambie de estado. La variable aleatoria de interés es el lapso de tiempo que tarda la entidad en cambiar de estado. Específicamente, interesa el tiempo en ocurrir el cambio de estado y cuáles son las variables que más influyen en el cumplimiento del cambio de estado. Se lleva a cabo un análisis de supervivencia clásico, una estimación por el método de Kaplan y Meier y un ajuste a través del modelo de Cox, utilizando los datos de la banca comercial venezolana entre 1996 y 2004. La fusión bancaria es el evento de interés para el cambio de estado. Se logra identificar cuatro razones de riesgo que son consistentes con la revisión teórica de los modelos de alerta temprana.

**Palabras clave:** estimador Kaplan-Meier, modelo de Cox, crisis financiera, banca.

### Abstract

In this work, survival analysis is used as a statistical technique to find out when any bank probably changes of state. The random variable to study is the observed time period of the lifetime where there is a change of state. Special interest is focused in knowing the occurrence of changes of states, and in identifying the variables that could affect the changes of states. This work deals with a classical survival analysis by the Kaplan-Meier estimation and the fitting of the Cox model, using commercial Venezuelan banks during the

---

<sup>a</sup>Instructora. E-mail: marialej@ula.ve

<sup>b</sup>Profesor agregado. E-mail: borgesr@ula.ve

<sup>c</sup>Profesor titular. E-mail: gcolmen@ula.ve

1996-2004 period. Merge banking occurrence is the main event to identify a change of state. This work allowed identifying four financial indicators that kept similar correspondence with those obtained from other *early warning models*.

**Key words:** Kaplan-Meier estimator, Cox model, Financial crisis, Banking.

## 1. Introducción

La utilización de los modelos de supervivencia en el área financiera es reciente. Particularmente, González-Hermosillo (1996) ha comunicado resultados para la predicción de crisis bancarias utilizando esta técnica. En el caso venezolano, Herrera-García (2004) empleó la metodología de supervivencia en dirección al estudio de las variables determinantes de la crisis bancaria en Venezuela a mediados de los noventa. En este último trabajo se presenta también una serie de referencias que pueden ser de utilidad para los interesados en el tema.

En el año 1994, el sistema financiero venezolano experimentó una crisis bancaria producto de la intervención que se realizó al Banco Latino por parte de la Superintendencia de Bancos. Esta intervención marcó el inicio de una ola de clausuras de entidades bancarias. Así, en junio de 2004 siete instituciones fueron cerradas<sup>1</sup>, en agosto del mismo año el Banco Venezuela y el Banco Consolidado fueron intervenidos puertas abiertas y posteriormente, entre diciembre de 1994 y febrero de 1995, cinco instituciones<sup>2</sup> adicionales fueron objeto de intervención.

Como producto de esta crisis, se propuso una nueva legislación bancaria acorde con la situación que vivía el país. Un resultado fundamental de la transformación de la Ley General de Bancos fue la inclusión de las normas sobre regulación financiera y la Ley de Fusiones Bancarias. A finales de julio de 1999 se aprobó el “Proyecto de ley de estímulo a la competitividad, el fortalecimiento patrimonial y la reactivación de los gastos de transformación en el sector bancario”, mejor conocido como Ley de Fusiones Bancarias (Medina & Borgucci 2005). Esta ley induce a las instituciones financieras a emprender fusiones y adquisiciones con un propósito fundamental: reducir la gran cantidad de entidades bancarias y hacer que el sistema financiero se fortalezca financieramente.

Los modelos de alerta temprana (Ayala 2000) para el sistema financiero permiten predecir la probabilidad de cambios en las condiciones de solvencia y liquidez de los bancos. Lo importante es que estos modelos hacen posible realizar un análisis más profundo de los factores relacionados con quiebras de las instituciones financieras, de tal manera que se pueda decidir cualquier regulación conveniente y eficiente a los bancos. Por otro lado, la habilidad de diferenciar entre los bancos solventes y aquellos con problemas permite reducir el costo esperado de las crisis bancarias. Si los problemas se detectan con prontitud, pueden tomarse acciones preventivas para minimizar los costos de un eventual cierre de la institución.

---

<sup>1</sup>La Guaira, Maracaibo, Amazonas, Bancor, Barinas, Construcción y Metropolitano.

<sup>2</sup>Progreso, República, Italo Venezolano, Principal y Profesional.

Diferentes han sido las técnicas estadísticas que las entidades bancarias han utilizado para describir su comportamiento; más importante aún, para intentar identificar situaciones irregulares que pueden desembocar en crisis financieras. Aunque los modelos *probit* (Anastasi et al. 1998) han demostrado buen desempeño en este sentido, estos modelos solo permiten estimar la probabilidad de que un banco cambie de “estado”<sup>3</sup>, pero no informan sobre el tiempo que las entidades vulnerables podrían demorar en demostrar problemas.

El objetivo general de este trabajo es investigar *cuándo* es probable que la entidad financiera cambie de estado. Dicho de otra forma, la variable aleatoria de interés es el lapso de tiempo que tarda la entidad en cambiar de estado. Específicamente, interesa el tiempo que tarda en ocurrir el cambio de estado y cuáles son las variables que más influyen en el cumplimiento del cambio de estado.

Una técnica que permite describir el comportamiento de datos que corresponden al tiempo o duración desde un origen bien definido hasta la ocurrencia de un cambio de estado o punto final se denomina “*análisis de supervivencia*” (Klein & Moeschberger 1997).

## 2. Elementos del análisis de supervivencia

En este artículo se presenta una aplicación del análisis de supervivencia o sobrevivencia que, en líneas generales, proporciona técnicas para analizar el tiempo de seguimiento desde un instante inicial de observación hasta la ocurrencia de un evento de interés, tiempo de seguimiento que puede observarse completa o parcialmente, y estrategias para modelar el riesgo de ocurrencia del evento de interés.

El concepto central de un modelo de supervivencia no es la probabilidad de que un cambio de estado ocurra (por ejemplo, probabilidad que un banco se fusione), sino más bien la probabilidad condicional de que ocurra un cambio de estado, dado que tenía en el tiempo anterior otro estado (por ejemplo, que un banco se fusione dado que en el periodo anterior no lo había hecho). Este tipo de análisis permite además incluir factores explicativos constantes y variables en el tiempo.

El problema principal que hace necesario el uso de modelos de supervivencia es la existencia de censura en los datos. La censura ocurre cuando el resultado o evento de interés (cambio de estado) no se observa para todos los individuos dentro del periodo en que se realiza la recolección de los datos. Por lo tanto, muchas de las observaciones representan el periodo de observación y no el tiempo transcurrido hasta la ocurrencia del evento. Para el caso particular del estudio del tiempo que podría tardar una entidad financiera en cambiar de estado, la censura se conoce como censura por la derecha. En este trabajo no se presentan otras formas de censura, debido a que la nueva Ley de Bancos no permite el cierre de instituciones financieras, más bien fomenta la fusión.

---

<sup>3</sup>En el presente trabajo, un cambio de estado se define como la fusión de una entidad financiera, puesto que a partir de la crisis de 1994 la nueva Ley de Bancos promueve la fusión para evitar las quiebras.

En el análisis de supervivencia existen algunos conceptos básicos que se presentan en los siguientes párrafos.

El primero de ellos es la función de supervivencia, que puede definirse como probabilidad de que un individuo (banco) sobreviva (no le ocurra el evento de interés) al menos hasta el tiempo  $t$ , lo cual puede presentarse de manera formal como: Sea  $T$  una variable aleatoria continua y positiva (o no negativa) con función de distribución  $F(t)$  y función de densidad de probabilidad  $f(t)$ . La función de supervivencia  $S(t)$  puede escribirse como:

$$S(t) = 1 - F(t) = P[T > t]$$

Otro concepto importante lo constituye la función de razón de riesgos o tasa instantánea de fallas  $\lambda(t)$ , que puede calcularse como el cociente entre la función de densidad y la función de supervivencia, y que se define formalmente como la probabilidad de que a un individuo le ocurra el evento de interés en la siguiente unidad de tiempo  $\Delta t$  dado que ha sobrevivido hasta el tiempo  $t$ .

El análisis de supervivencia tiene entre sus objetivos encontrar esta función, que describe el riesgo de cambio de estado en diferentes periodos de tiempo y representa una secuencia de probabilidades condicionales:  $f(t) = P$  (banco se fusione en el momento  $t$  dado que en  $t - 1$  no lo había hecho).

Para efectos pedagógicos, presentaremos en los párrafos siguientes un desarrollo de algunos conceptos del análisis de supervivencia para tiempos discretos, dejando claro que estos conceptos fundamentales fueron desarrollados para tiempos continuos. Este desarrollo para tiempos discretos se encuentra en algunos textos, por ejemplo, el de Hosmer & Lemeshow (1999).

Si  $T$  es una variable aleatoria discreta, no negativa, que representa el tiempo de vida de un banco<sup>4</sup>,  $T$  puede tomar los valores  $0 \leq t_0 \leq t_1 \leq t_2 \leq \dots$  y la función de probabilidad asociada a la variable aleatoria  $T$  está dada por

$$f(t_i) = P(T = t_i) \quad \text{para } i = 1, 2, 3, \dots$$

Luego, la función de supervivencia se define como:

$$S(t) = \sum_{j; t_j \geq t} f(t_j)$$

y representa la probabilidad de que  $T$  sea mayor o igual a un valor  $t$ ; es decir, la probabilidad de que la supervivencia del banco sea  $T \geq t$ . En este punto debe aclararse que, si no existiese censura, la estimación de esta función sería simplemente dividir el número de entidades financieras que llegaron hasta el momento  $t$  por el total de entidades financieras estudiadas.

La función de riesgo se define como:

$$\lambda_j = P(T = t_j | T \geq t_j) = \frac{f(t_j)}{S(t_j)}$$

---

<sup>4</sup>Consideraremos en este caso que un banco vive mientras no se fusione.

la cual representa la probabilidad de que una entidad financiera cambie de estado en el momento  $t_j$  dado que no lo había hecho. Una forma alternativa de escribir la función de supervivencia es:

$$S(t_j) = \prod_{i=0}^{j-1} (1 - \lambda_j)$$

Una estimación no paramétrica de la función de supervivencia es:

$$\widehat{S}(t_j) = \prod_{i=0}^{j-1} 1 - \widehat{\lambda}_j$$

$\widehat{\lambda}_j$  puede obtenerse como

$$\widehat{\lambda}_j = \frac{d_j}{n_j}$$

donde  $d_j$  representa el número de bancos que registraron la fusión en el momento  $t_j$  y  $n_j$  representa el número total de bancos en el tiempo  $t_j$ .  $n_j$  es el número de bancos en riesgo en el tiempo  $t_j$ .  $\widehat{\lambda}_j = \frac{d_j}{n_j}$  se conoce como el estimador no paramétrico de Kaplan-Meier o, también, estimador del producto límite (Kaplan & Meier 1958). Este estimador incorpora información de todas las observaciones disponibles, sean o no censuradas. Además, es una función que depende solo de los valores de la muestra y permite describir la relación existente entre la función de riesgo y el tiempo de supervivencia hasta que ocurre el evento de interés. La validez del estimador de Kaplan-Meier descansa en los supuestos de que los bancos que se retiran del estudio tienen un destino semejante al de los bancos que permanecen, y que el tiempo durante el cual un banco entra al estudio no tiene efecto independiente en la respuesta.

Una vez que se tiene la función de supervivencia, es de interés investigar si el riesgo  $\lambda$  difiere sistemáticamente entre los bancos. Esto significa que se deben identificar variables explicativas de la función de riesgo. La forma de estudiar la heterogeneidad observada es introduciendo en el modelo  $p$  variables explicativas que caracterizan a un banco. Se define entonces un vector de variables  $Z_{ij} = [z_{1ij}, z_{2ij}, \dots, z_{pij}]$ , donde cada elemento del vector representa la característica para el  $i$ -ésimo banco en el momento  $t_j$ . En este trabajo se utiliza el modelo de riesgo proporcional de Cox para la incorporación de variables explicativas.

## 2.1. Modelo de riesgo proporcional (modelo de Cox)

En 1972, Cox (1972) introduce el modelo de regresión más utilizado en análisis de supervivencia. Este modelo puede escribirse mediante:

$$\lambda_i(t | j) = e^{\beta_1 z_{1ij} + \beta_2 z_{2ij} + \dots + \beta_p z_{pij}} \lambda_0(t)$$

donde  $Z_i(t)$  es el vector de covariables para el  $i$ -ésimo banco en el tiempo  $t_j$ . Este modelo incluye una parte paramétrica  $e^{\beta' Z_i(t)}$ , llamada puntaje de riesgo, y otra parte no paramétrica  $\lambda_0(t)$ , llamada función de riesgo base.

Para dos individuos con variables explicativas  $Z$  y  $Z^*$ , el cociente de las respectivas funciones de riesgo viene dado por:

$$\frac{\lambda(t | z)}{\lambda(t | z^*)} = \frac{e^{[\sum_{j=1}^p \beta_j Z_j]} \lambda_0(t)}{e^{[\sum_{j=1}^p \beta_j Z_j^*]} \lambda_0(t)}$$

Esta razón se conoce como riesgo relativo y es constante en el tiempo, de modo que las tasas de riesgo son proporcionales. La interpretación de los coeficientes está dada por la siguiente derivada:

$$\frac{\partial \ln \lambda(t | z)}{\partial Z_j} = \beta_j$$

$\beta_j$  representa el cambio proporcional en el logaritmo de la función de riesgo que resulta de un cambio marginal en la  $p$ -ésima variable explicativa. Si  $Z$  y  $Z^*$  difieren en la  $p$ -ésima variable explicativa, la cual es una variable binaria, se tiene:

$$\frac{\lambda(t | z)}{\lambda(t | z^*)} = e^{\beta_j}$$

Los supuestos del modelo de riesgo proporcional son cuatro: no existe influencia de las entidades financieras en la estimación del modelo, no existe influencia de las entidades financieras en la estimación de cada parámetro del modelo, se supone inexistencia de heterogeneidad no observada<sup>5</sup> y se supone una adecuada forma funcional de cada covariable continua. La verificación de estos supuestos se hizo siguiendo la metodología propuesta por Therneau & Grambsch (2000).

Los análisis se realizaron utilizando el paquete *survival* (S original by Terry Therneau and ported by Thomas Lumley 2006) del lenguaje R (R Development Core Team 2006).

### 3. Análisis de supervivencia aplicado a la banca comercial venezolana

A partir del año 1996, la nueva ley de bancos incentiva las fusiones, para evitar la quiebra de las entidades financieras. En este trabajo se considera como evento de interés la fusión del banco; dicho en otras palabras, el banco muere cuando se fusiona; de lo contrario, sobrevive.

Se analizaron 34 entidades bancarias de tipo comercial, entre enero de 1996 y diciembre de 2004, estableciendo 108 meses de observación. Como variables independientes se utilizaron 15 razones financieras (ver tabla 1), que describen el comportamiento de las entidades bancarias (Guillén et al. 2005).

<sup>5</sup>Toda la heterogeneidad presente en las entidades financieras se recoge en las variables explicativas.

TABLA 1: Razones financieras utilizadas.

| Código | Razón Financiera                                                                                                                                |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| R1     | Patrimonio/Activo Total                                                                                                                         |
| R2     | Patrimonio + Gestión Operativa/Activo Total                                                                                                     |
| R3     | Otros Activos/Patrimonio                                                                                                                        |
| R4     | Activos Improductivos Brutos/(Patrimonio + Gestión Operativa)                                                                                   |
| R5     | Provisión de Cartera de Crédito/Cartera Inmovilizada Bruta                                                                                      |
| R6     | Provisión de Cartera de Crédito/Cartera Crédito Bruta                                                                                           |
| R7     | Otros Activos/Activo Total                                                                                                                      |
| R8     | Activo Improductivo/Activo Total                                                                                                                |
| R9     | Cartera Inmovilizada Bruta/Cartera de Crédito Bruta                                                                                             |
| R10    | (Disponibilidades – Rendimiento por Cobrar por Disponibilidades)/<br>(Captaciones del Público – Gastos por Pagar)                               |
| R11    | (Disponibilidades/Rendimiento por Cobrar por Disponibilidades)+<br>(Inversiones Temporales – Rendimiento por Cobrar por Inversiones Temporales) |
| R12    | Cartera de Crédito Neta/(Captaciones del Público – Gastos por Pagar)                                                                            |
| R13    | Cartera Vigente Bruta/Captaciones Totales                                                                                                       |
| R14    | Cartera Crédito Neta/Captaciones Totales                                                                                                        |
| R15    | Cartera de Inversión/Captaciones Totales                                                                                                        |

## 4. Resultados

La aplicación del Análisis de Supervivencia se realizará de la siguiente forma:

1. Análisis descriptivo de las razones financieras utilizadas.
2. Análisis de la matriz de correlación de las razones financieras utilizadas.
3. Análisis de supervivencia
  - 3.a) Estimador de Kaplan y Meier.
  - 3.b) Estimación del modelo de Cox.
  - 3.c) Verificación de los supuestos del modelo de riesgo proporcional de Cox.
  - 3.d) Análisis descriptivo de las razones financieras obtenidas como significativas en el modelo de Cox.
4. Procedimiento alternativo para la interpretación del riesgo dicotomizando las razones financieras significativas.

### 4.1. Análisis descriptivo de las razones financieras

En el análisis descriptivo de las razones financieras se utiliza el rango y la desviación estándar como una medida de dispersión. La media se utiliza como medida de localización y los valores mínimo y máximo para describir el rango de posibles valores de las razones financieras.

En cuanto al rango, puede observarse que R4, R5, R12, R13, R14 presentan los mayores valores; a su vez son las razones financieras que presentan mayor

TABLA 2: Estadísticas descriptivas de las razones financieras.

| Razón | N  | Rango  | Mínimo | Máximo | Media    | Desviación |
|-------|----|--------|--------|--------|----------|------------|
| R1    | 34 | 0.4128 | 0.0613 | 0.4741 | 0.136691 | 0.0709519  |
| R2    | 34 | 0.4264 | 0.0621 | 0.4885 | 0.143169 | 0.0720967  |
| R3    | 34 | 0.8555 | 0.0054 | 0.8609 | 0.202615 | 0.2119163  |
| R4    | 34 | 5.6600 | 0.3880 | 6.0480 | 2.722765 | 1.2547619  |
| R5    | 34 | 5.0970 | 0.3380 | 5.4350 | 1.751063 | 1.0819366  |
| R6    | 34 | 0.6201 | 0.0161 | 0.6362 | 0.084574 | 0.1133314  |
| R7    | 34 | 0.1050 | 0.0009 | 0.1059 | 0.022870 | 0.0223168  |
| R8    | 34 | 0.6754 | 0.1311 | 0.8065 | 0.330879 | 0.1087837  |
| R9    | 34 | 0.4625 | 0.0000 | 0.4625 | 0.060762 | 0.0920127  |
| R10   | 34 | 0.6200 | 0.2000 | 0.8200 | 0.314412 | 0.1080738  |
| R11   | 34 | 1.1000 | 0.2000 | 1.3000 | 0.655882 | 0.3096344  |
| R12   | 34 | 3.0400 | 0.0200 | 3.0600 | 0.589706 | 0.5145312  |
| R13   | 34 | 3.0500 | 0.0400 | 3.0900 | 0.586765 | 0.5168537  |
| R14   | 34 | 2.9900 | 0.0200 | 3.0100 | 0.586765 | 0.5067826  |
| R15   | 34 | 1.0000 | 0.1000 | 1.1000 | 0.467647 | 0.2613724  |

desviación estándar. Esto se debe a que en general la gestión operativa, la provisión de cartera de crédito, la cartera de crédito neta y las captaciones del público son indicadores, cuyos valores no son constantes en todas las entidades financieras utilizadas, sus variaciones dependen de la gestión de cada entidad financiera en particular.

Por otra parte, el análisis de la matriz de correlaciones es necesario para identificar variables que estén altamente correlacionadas; de esta forma, puede evitarse el problema de multicolinealidad, y obtener resultados más eficientes en el Análisis de Supervivencia. La interpretación de esta matriz es la siguiente:

Cada valor representa el nivel de asociación de cada par de variables; mientras más cercanos estén los valores de 1 ó -1 significa que las variables están altamente relacionadas; dicho en otras palabras, son variables equivalentes.

En este trabajo se observa que R1 y R2 están altamente correlacionadas (0.99), esto significa que a medida que R1 crece, R2 también crece. R1 representa patrimonio/activo total, R2 representa (patrimonio + gestión operativa)/activo total. Al aumentar el patrimonio, la razón financiera se incrementa, lo que indica que la gestión operativa no afecta de manera significativa la razón financiera R2. De la misma forma, R6 y R9 están altamente relacionadas (0.94); R6 representa la provisión de cartera de crédito/cartera de crédito bruta y R9 representa la cartera inmovilizada bruta/cartera de crédito bruta. La provisión de cartera de crédito y la cartera bruta inmovilizada son indicadores muy parecidos, el primero representa la estimación que hace la entidad financiera para resguardar los créditos otorgados y el segundo representa los créditos otorgados. Las entidades financieras otorgan créditos en función de las estimaciones realizadas. Por otra parte, R12 y R13 muestran una relación lineal casi perfecta (0.99); esto se debe a que R12 representa la cartera de crédito neta/(captaciones del público – gastos por pagar) y R13 representa la cartera bruta/captaciones totales. En este caso tanto la cartera de crédito bruta como la cartera vigente bruta son indicadores equivalentes. El mismo caso ocurre con R12 y R14 (0.99).



Con la finalidad de evitar problemas de multicolinealidad se excluyen del análisis R1, R6, R12 y R13 para la aplicación del análisis de supervivencia.

## 4.2. Resultados del análisis de supervivencia

En primer lugar se obtiene la estimación de la función de supervivencia utilizando el estimador de Kaplan y Meier. La estimación consiste en encontrar el número de meses que transcurrieron para que el 50% de las entidades financieras se fusionaran.

TABLA 3: Estimación de Kaplan-Meier.

| N  | Fusiones | Mediana | 0.95LCL | 0.95UCL |
|----|----------|---------|---------|---------|
| 34 | 19       | 61      | 35      | Inf     |

34 bancos comerciales se utilizaron en el análisis, entre el año 1996 y 2004 se registraron 19 fusiones de bancos comerciales, la mediana para el tiempo de supervivencia de las entidades financieras analizadas fue de 61 meses a partir de 1996, esto significa que para el año 2000 el 50% de las entidades financieras comerciales se habían fusionado.

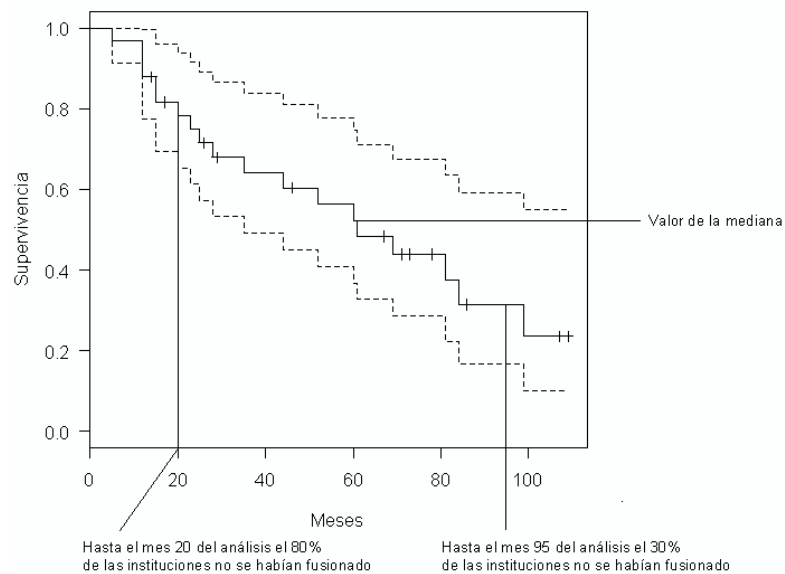


FIGURA 1: Función de supervivencia.

Luego de la promulgación de la nueva Ley de Bancos en el año 1999, es decir en el mes 61 del análisis, transcurrieron solo 34 meses más para que del total un 80% de las entidades financieras comerciales experimentaran la fusión. Esto indica que la aplicación de dicha ley tuvo efecto para evitar el cierre de instituciones financieras,

sin embargo nada podemos decir acerca de la rentabilidad de las instituciones financieras fusionadas.

#### 4.2.1. Estimación del modelo de Cox

Utilizando la metodología paso a paso (*stepwise*), partiendo de la inclusión de todas las covariables y eliminando una a una las no significativas, se obtuvieron las siguientes cuatro razones financieras significativas.

TABLA 4: Modelo de Cox.

|     | coeficiente | exp(coeficiente)      | se(chef) | Valor $z$ | Valor $p$ |
|-----|-------------|-----------------------|----------|-----------|-----------|
| R3  | -3.32       | $3.62 \times 10^{-2}$ | 1.50     | -2.21     | 0.0270    |
| R8  | 21.53       | $2.23 \times 10^9$    | 7.44     | 2.89      | 0.0038    |
| R10 | -16.26      | $8.64 \times 10^{-8}$ | 6.10     | -2.67     | 0.0077    |
| R15 | -4.71       | $8.99 \times 10^{-3}$ | 1.58     | -2.97     | 0.0029    |

Los valores de  $\exp(\text{coeficiente})$  representan los cambios en el riesgo de fusión al cambiar cada covariable en una unidad. Por la naturaleza de las razones financieras utilizadas, se propone realizar la siguiente transformación para la interpretación del riesgo:

$$\exp(\text{coeficiente}) \rightarrow \exp(C_x(\text{coeficiente}))$$

donde  $C_x$  representa una unidad razonable de cambio. En este caso, al hacer  $C_x = 0.01$  pueden interpretarse los cambios al variar cada razón financiera en un 1%; de esta forma se obtienen los resultados mostrados en la siguiente tabla.

TABLA 5: Modelo de Cox haciendo  $\exp(C_x(\text{coeficiente}))$ .

|     | coeficiente | $\exp(C_x(\text{coeficiente}))$ | se(chef) | Valor $z$ | Valor $p$ |
|-----|-------------|---------------------------------|----------|-----------|-----------|
| R3  | -3.32       | 0.9673                          | 1.50     | -2.21     | 0.0270    |
| R8  | 21.53       | 1.2402                          | 7.44     | 2.89      | 0.0038    |
| R10 | -16.26      | 0.8499                          | 6.10     | -2.67     | 0.0077    |
| R15 | -4.71       | 0.9539                          | 1.58     | -2.97     | 0.0029    |

Esta es una modificación de una transformación propuesta originalmente por Hosmer & Lemeshow (1999).

La primera razón significativa es R3, su riesgo se interpreta como: al aumentar R3 en 1%, el riesgo de fusión disminuye en  $(1 - 0.9673) = 0.0327 = 3.3\%$ .

$R3 = \text{Otros Activos}/\text{Patrimonio}$  expresa el grado en que se encuentra comprometido el patrimonio en virtud de los activos que registran mayor riesgo o menor productividad.

Cuando el valor de R3 se incrementa, es una señal de que la entidad financiera está invirtiendo en otros activos que no están relacionados directamente con las operaciones del banco, por ejemplo, algún tipo de infraestructura como hoteles; por este motivo, estas entidades financieras no son buenas candidatas para una fusión. Sea una fusión por absorción o por integración, el objetivo es el beneficio de la nueva entidad que se constituye. Un ejemplo de institución financiera que

presentaba un alto valor de R3 lo constituye el Banco Latino en los años 1993–1994, cuando se desencadenó la crisis financiera venezolana. Justamente sus altas inversiones en activos no relacionados con la operación bancaria llevaron al banco a no poder enfrentar sus problemas de solvencia.

La segunda razón significativa es R8, su riesgo se interpreta como: al aumentar R8 en 1%, el riesgo de fusión aumenta en 24%.

$R8 = \text{Activo Improductivo} / \text{Activo Total}$  mide la participación de los activos improductivos brutos no generadores de ingresos recurrentes, o que están fuera de la normativa legal respecto a la totalidad de activos de la entidad.

Cuando el activo improductivo de una entidad financiera es superior al activo total, la entidad pierde control sobre su disponibilidad y solvencia; de esta forma, la única manera de subsistir es permitiendo su absorción por parte de alguna entidad que esté en condiciones de hacerlo; de lo contrario, es muy difícil que se pueda mantener operativa. Esta razón financiera es reportada en la literatura (Ayala, 2000) como indicadora de riesgo de crisis de entidades financieras.

La tercera razón significativa es R10, su riesgo se interpreta como: al aumentar R10 en 1%, el riesgo de fusión disminuye en  $(1 - 0.8499) = 15.01\%$ .

$$R10 = \frac{\text{Disponibilidad} - \text{Rendimiento por Cobrar}}{\text{Captaciones del Público} - \text{Gastos por Pagar}}$$

Una característica de las entidades financieras sanas es tener alta disponibilidad; de esta forma pueden enfrentar eventuales sucesos que pueden inducir a una crisis. Por otra parte, mientras la diferencia entre las captaciones del público y los gastos por cobrar sea pequeña, la entidad financiera muestra eficiencia en su gestión bancaria.

La cuarta razón significativa es R15, su riesgo se interpreta como: al aumentar R15 en 1%, el riesgo de fusión disminuye en  $(1 - 0.9539) = 4.61\%$ .

$R15 = \text{Cartera de Inversiones} / \text{Captaciones Totales}$ . Esta razón informa respecto a la fracción de recursos del público que el instituto ha orientado hacia la adquisición de sus activos más productivos: créditos en inversiones.

El activo más productivo que tiene una entidad financiera son los créditos en inversión. Mientras mayor sea la fracción de recursos del público que se orienten a los créditos en inversión, mayor será la utilidad o retorno de la entidad financiera. En general, entidades financieras con altos valores en la cartera de inversiones, son caracterizadas como entidades sanas.

#### 4.2.2. Verificación de los supuestos del modelo de riesgo proporcional de Cox

La verificación de los supuestos del modelo de Cox se realizó utilizando la metodología propuesta por Therneau & Grambsch (2000); existe además una serie de referencias que pueden resultar de interés: Andersen et al. (1993), Borges (2003, 2005), Fleming & Harrington (1993) y Therneau et al. (1990).

### Supuesto de riesgo proporcional

Una de las principales hipótesis del modelo de Cox es que la función de riesgo sea proporcional, esto es, el cociente entre el riesgo para dos entidades financieras con el mismo vector de razones financieras es constante en el tiempo. Para verificar el supuesto de riesgo proporcional se utilizan los gráficos de los residuos de Schoenfeld (1982) *versus* el tiempo (meses).

Para facilitar la interpretación de estos gráficos se suele superponer una curva de ajuste, utilizando alguna función de ajuste local, de alisado.

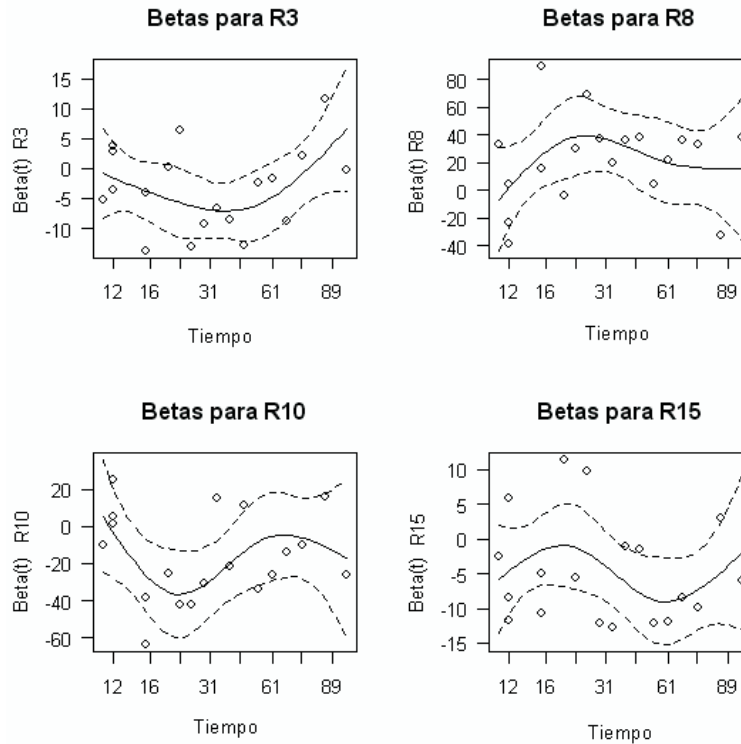


FIGURA 2: Verificación gráfica del supuesto de riesgo proporcional.

Como los residuos se agrupan de forma aleatoria a ambos lados del valor 0 del eje  $y$ , sin presentar una tendencia con cambios bruscos, se puede concluir que no hay violación del supuesto de riesgo proporcional, lo cual se confirma con los resultados que se muestran en la tabla 6.

Al agruparse los residuos de forma aleatoria a ambos lados del valor 0 del eje  $y$ , y al no observar una tendencia con cambios bruscos, entonces se puede advertir que no hay violación del supuesto de riesgo proporcional y de ahí puede confirmarse al observar el resultado que se muestra en la tabla 6.

TABLA 6: Verificación del modelo de riesgo proporcional.

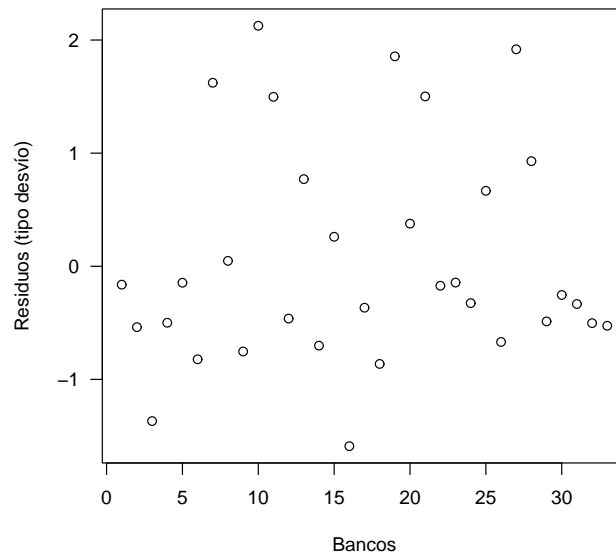
|        | rho     | chisq   | p     |
|--------|---------|---------|-------|
| R3     | 0.1384  | 0.38553 | 0.535 |
| R8     | 0.1088  | 0.20563 | 0.650 |
| R10    | 0.0124  | 0.00226 | 0.962 |
| R15    | -0.1361 | 0.40405 | 0.525 |
| Global | NA      | 3.07032 | 0.546 |

Por ser todos los valores calculados de  $p$  mayores al 5%, se confirma el supuesto de riesgo proporcional de forma global y para cada covariable.

### Influencia de las entidades financieras sobre la estimación del modelo (residuos *deviance*)

La verificación del supuesto de que no existen valores influyentes sobre la estimación del modelo se hace graficando los residuos tipo *deviance* versus los bancos (individuos).

Como no se observan valores atípicos, puede verificarse el supuesto de que las entidades financieras no afectan de modo negativo la estimación del modelo.

FIGURA 3: Verificación gráfica de los residuos *deviance* (desvío).

### Influencia de las entidades bancarias sobre la estimación de cada coeficiente (residuos de *scores*)

El supuesto de no influencia de los individuos sobre la estimación de cada coeficiente puede estudiarse graficando los residuos tipo *score versus* el correspondiente valor de cada covariable.

Al no observar valores extremos respecto al eje *y*, puede verificarse que no existe alguna influencia de las entidades financieras en la estimación de cada coeficiente del modelo.

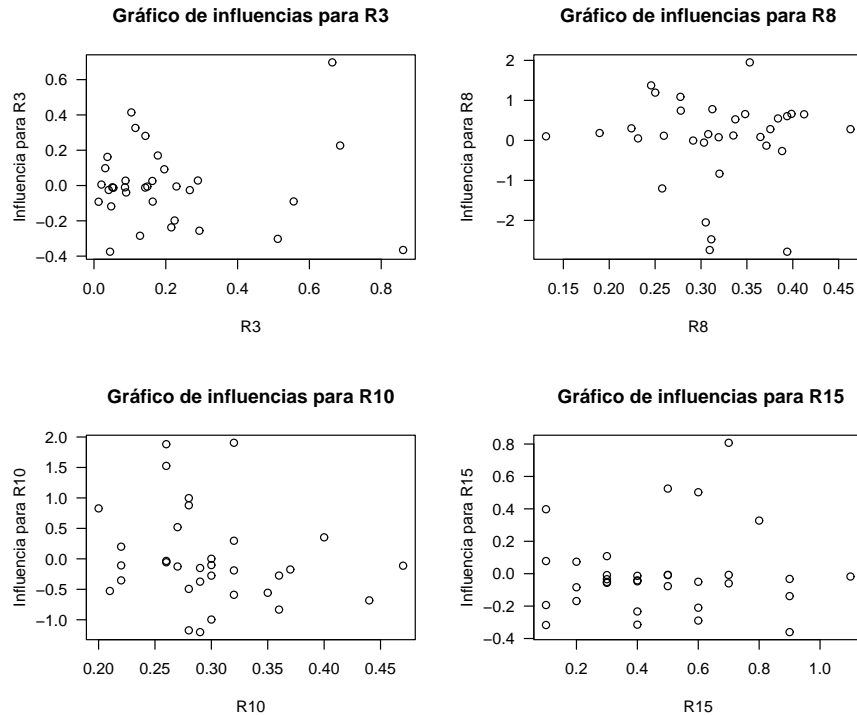


FIGURA 4: Verificación gráfica de los residuos de *scores*.

### Forma funcional de las covariables continuas (residuos de martingala)

Para verificar el supuesto de adecuación de la forma funcional de cada covariable continua que interviene en el modelo, se utiliza el gráfico de los residuos de martingala *versus* el valor correspondiente a cada una de las covariables, acompañada de la curva suavizada.

En este caso, puede verificarse que la forma funcional de las razones financieras utilizadas es adecuada. La línea que se traza en cada gráfico de las razones financieras tiende al ajuste de una línea recta.

Debido a la variabilidad presente en las razones financieras, se propone dicotomizar cada una de las mismas para hacer más eficiente la interpretación del riesgo.

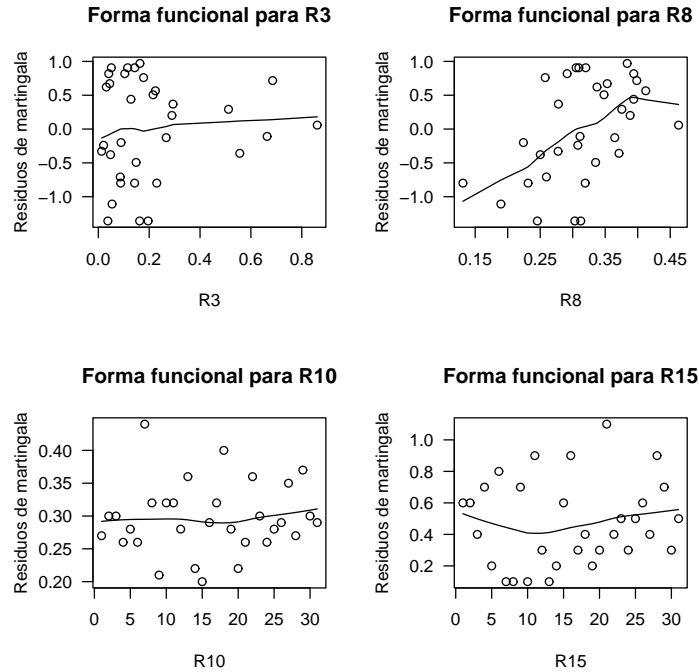


FIGURA 5: Verificación gráfica de los residuos de martingala.

Luego de esta transformación se obtiene el modelo de regresión de Cox que se muestra en la tabla 7. Se observa que la razón R3 ya no es significativa y la razón R10 pasa a serlo a un nivel de significancia del 10%.

TABLA 7: Modelo de Cox para variables dicotomizadas.

|     | coeficiente | exp(coeficiente) | se(chef) | Valor z | Valor p |
|-----|-------------|------------------|----------|---------|---------|
| R3  | 0.39        | 1.48             | 0.507    | 0.768   | 0.4400  |
| R8  | 1.24        | 3.46             | 0.610    | 2.034   | 0.0420  |
| R10 | 1.12        | 3.06             | 0.616    | 1.817   | 0.0690  |
| R15 | 1.97        | 7.15             | 0.665    | 2.957   | 0.0031  |

Respecto a los supuestos, pueden verificarse el supuesto de riesgo proporcional, la no influencia de las entidades financieras en la estimación del modelo y la no influencia de las entidades financieras en la estimación de cada uno de los parámetros. Respecto a la adecuación de la forma funcional, se presentan problemas con la razón R15.

Finalmente, la censura puede ser considerada como no informativa, debido a que no existe más de una causa para el cambio de estado, solo se considera la fusión. Esta conclusión se hace en el contexto de lo expuesto por Andersen et al. (1993, p. 152).

## 5. Conclusiones

El Análisis de Supervivencia ofrece una metodología robusta para la detección de variables indicadoras de riesgo en las instituciones bancarias. A través del modelo de regresión de Cox se identifican otros activos, activo improductivo, disponibilidad y cartera de inversiones, como indicadores de riesgo de fusión. De esta forma, es de esperar que entidades financieras con altos valores en otros activos no sean atractivas para fusionarse con otros bancos. Entidades financieras con altos valores en los activos improductivos deberán buscar la vía de la fusión para lograr subsistir; en general este tipo de entidades se fusiona por absorción de otra entidad y no por integración. Entidades financieras con alta disponibilidad y altos valores en la cartera de inversión pueden caracterizarse como entidades fuertes que no necesitan una fusión para mantenerse. Algunas veces se fusionan, generalmente por integración, para fortalecerse más. La verificación de los supuestos del modelo de Cox se realizó sin encontrar violaciones de dichos supuestos.

## Agradecimientos

Proyecto financiado por el Banco Central de Venezuela a través de la cátedra ULA - BCV.

Agradecemos toda la colaboración prestada por el Banco Central de Venezuela y por el resto de los compañeros del Grupo Banca de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

Agradecemos, además, a los árbitros evaluadores del artículo, que sugirieron los cambios necesarios a la versión inicial, lo cual ayudó a mejorar el manuscrito original.

*Recibido: octubre de 2006*

*Aceptado: febrero de 2007*

## Referencias

- Anastasi, A., Burdiso, T., Grubisic, E. & Lencioní, S. (1998), ¿Es posible anticipar problemas en una entidad financiera? Argentina 1994-1997, Technical Report 7, Asociación Argentina de Economía Política; Universidad Nacional de Mendoza. Facultad de Ciencias Económicas, Jurídicas y Sociales, Reunión Anual, 33, Mendoza, AAEP.
- Andersen, P. K., Borgan, O., Gill, R. & Keiding, N. (1993), *Statistical Models Based on Counting Processes*, Springer, New York.
- Ayala, R. (2000), Modelos de alerta temprana para crisis financieras. El caso ecuatoriano: 1994 - 1997, Technical Report 51, Notas Técnicas de la dirección de investigaciones económicas del Banco Central del Ecuador.



- Borges, R. (2003), Verificación de los supuestos del modelo de Cox, *in* ‘Memorias del XIII Simposio de Estadística’, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Estadística, Armenia, Colombia.
- Borges, R. (2005), ‘Análisis de supervivencia de pacientes con diálisis peritoneal’, *Revista Colombiana de Estadística* **28**(2), 243–259.
- Cox, D. R. (1972), ‘Regression Models and Life Tables (with Discussion)’, *Journal of the Royal Statistical Society, Series B* **34**, 187–220.
- Fleming, T. R. & Harrington, D. P. (1993), *Counting Processes and Survival Analysis*, John Wiley and Sons, Inc, New York.
- González-Hermosillo, B. (1996), ‘Banking Sector Fragility and Systemic Sources of Fragility’, *IMF Working Papers* **96**(12).
- Guillén, R., Colmenares, G. & Orlandoni, G. (2005), ‘Algoritmo seguido para el pre-procesamiento de datos de la banca y construcción de modelos no lineales’, *Grupo Banca. Manuscrito. Convenio Universidad de Los Andes – Banco Central de Venezuela*. .
- Herrera-García, B. (2004), ‘La supervisión de los bancos y el rol del Comité Basilea para la Supervisión Bancaria’, *Revista Contaduría y Administración* **212**.
- Hosmer, D. W. & Lemeshow, S. (1999), *Applied Survival Analysis: Regression Modeling of Time to Event Data*, John Wiley and Sons, Inc, New York.
- Kaplan, E. L. & Meier, P. (1958), ‘Nonparametric Estimation from Incomplete Observations’, *Journal of the American Statistical Association* **53**, 457–481.
- Klein, J. & Moeschberger, M. (1997), *Survival Analysis. Techniques for Censored and Truncated Data*, Springer, New York.
- Medina, Y. & Borgucci, E. (2005), ‘Desempeño de la rentabilidad de los bancos fusionados en Venezuela entre los años 1998–2002’, *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura* **11**(1), 119–154.
- R Development Core Team (2006), *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0.  
\*<http://www.R-project.org>
- S original by Terry Therneau and ported by Thomas Lumley (2006), *Survival: Survival Analysis, Including Penalised Likelihood*. R package version 2.29.
- Schoenfeld, D. (1982), ‘Partial Residuals for the Proportional Hazard Regression Model’, *Biometrika* **69**, 239–241.
- Therneau, T. & Grambsch, P. (2000), *Modeling Survival Data: Extending the Cox Model*, Springer, New York.
- Therneau, T., Grambsch, P. & Fleming, T. (1990), ‘Martingale-Based Residuals for Survival Models’, *Biometrika* **77**, 147–160.