Riesgo crédito: un análisis empírico de dos bancos en México

Fernando Cruz-Aranda*
Esteban Colla-De-Robertis**
Agustín Ignacio Cabrera-Llanos***

Fecha de recepción: 30 de noviembre de 2011
Fecha de aceptación: 2 de enero de 2012.

* Universidad Panamericana,
Campus México,
fcruz@up.edu.mx

** Universidad Panamericana,
Campus México,
ecolla@up.edu.mx

*** Instituto Politécnico Nacional
Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología
aicllbuda@yahoo.com

Resumen

En este trabajo de investigación se considera el modelo estructural de Merton, que permite determinar la probabilidad de incumplimiento de una empresa como la probabilidad de que el valor de mercado de los activos sea menor que el valor de los pasivos a su fecha de vencimiento. Se utiliza el modelo para identificar los principales determinantes de la probabilidad de incumplimiento de Banorte y BBVA, dos de los principales bancos del sistema financiero mexicano. Como era de esperarse, la probabilidad de incumplimiento aumentó debido a la crisis originada por la caída en el valor de los títulos *subprime*. Además se observa que la probabilidad de incumplimiento es sensiblemente mayor para el banco más apalancado, BBVA. Finalmente, la probabilidad de incumplimiento de BBVA está fuertemente vinculada a cambios en la tasa libre de riesgo, mientras que ésta no influye significativamente en la probabilidad de incumplimiento de BANORTE, que es más sensible a las variaciones en la prima por riesgo de mercado.

Clasificación JEL: G12, G21 and G32

Palabras clave: Riesgo crédito, probabilidad de incumplimiento y bancos

Credit Risk: Two mexican banks empiric analysis

Abstract

In this research, Merton's structural model is considered, which allows to determine the probability of default of a firm as the probability that the market value of its assets falls below the firm's liabilities at their maturity date. The model is used to identify the main determinants of the probability of default for BANORTE and BBVA, two of the most important banks in the Mexican Financial System. Just as expected, the probability of default increased due to the crisis unraveled by the fall in the price of subprime bonds. Also, it is sensibly higher for the more leveraged bank, BBVA. Finally, BBVA's probability of default is strongly linked to changes in the risk free rate, while for BANORTE, it is more sensible to changes in the market risk premium.

JEL Classification: G12, G21 and G32

Key words: *Credit Risk, Default Probability and Banks*

1. Introducción

En los últimos treinta años se han desarrollado un gran número de modelos de *riesgo crédito*, de manera profunda la tasa de recuperación y con mayor precisión la relación que guarda con la probabilidad de incumplimiento de un deudor. Los modelos están clasificados en dos grandes categorías, de las cuales se tienen modelos de valuación de créditos y modelos de valor en riesgo crediticio de portafolios, VaR. Asimismo, los modelos de valuación de créditos están clasificados como: modelos de forma estructural de primera generación; modelos de forma estructural de segunda generación y modelos en forma reducida.

Las tres principales variables que afectan el riesgo crédito de un activo financiero son: *la probabilidad de incumplimiento PD (The Probability of Default*); las *pérdidas dado el incumplimiento*; y la *exposición al incumplimiento*. En la primera categoría de modelos de riesgo crédito han sido basados en el modelo de Merton (1974) en la que se utiliza el marco teórico de valuación de opciones (Black y Scholes, 1973). En dicho modelo el proceso de incumplimiento de una empresa es conducido por los activos de dicha compañía relativo a sus pasivos y el riesgo de un incumplimiento de la empresa y ligado a la variabilidad del valor de los activos de ésta. El incumplimiento ocurre cuando el valor de los activos de la empresa, es decir el valor de mercado de la empresa, es menor a sus pasivos. El pago a los prestamistas en el término del plazo de la deuda es mucho menor que el valor nominal (*face value*) de la deuda o el valor de mercado de los activos de la empresa. Al suponer que la deuda de la empresa queda completamente representada por un bono cupón cero y si el valor de la empresa en la fecha que madura el bono es mayor que el valor nominal del bono, entonces el tenedor del bono ejercerá su derecho obteniendo el valor nominal del bono. Cabe señalar que si el valor de la empresa es menor que el *valor nominal* del bono, los accionistas no obtendrán nada y los tenedores de los bonos regresarán al valor de mercado de la empresa. El pago a los acreedores corresponde a un portafolio compuesto por un valor "*L*" y una opción de venta (*put)*; que representa el derecho a vender en una fecha determinada sobre los activos de la empresa a un precio de entrega *L*. De esta manera, Merton derivó una fórmula explicita para bonos con riesgo, los cuales pueden ser utilizados para estimar la *probabilidad de incumplimiento* de una empresa y estimar el cambio en el rendimiento de un bono riesgoso y uno libre de riesgo.

Asimismo, dentro de los modelos estructurales de primera generación, también se encuentra el modelo (Black y Cox, 1976) en la que consideran la posibilidad de estructuras de capital más complejas que incluye deuda subordinada; mientras que (Geske, 1977) introduce deuda con pago de intereses; Mientras que (Vasicek, 1984) toma en cuenta la diferencia entre pasivos de largo y corto plazo. Por otra parte (Vassalou y Hing, 2004) utilizan el modelo de Merton de manera interactiva para determinar la probabilidad de incumplimiento de una empresa; y al día de hoy los modelos de Merton y el modelo KMV, (Kealhofer, S., 2003; Jorion, P., GARP, 2009), son considerados por los practicantes de la materia dentro de los más exitosos de los modelos de valuación de créditos.

Bajo este tipo de modelos, todos los elementos relevantes del riesgo crédito, incluyendo incumplimiento y tasa de recuperación, son una función de las características de la empresa: nivel de activos, volatilidad de los activos (riesgo negocio) y apalancamiento (riesgo financiero). La tasa de recuperación es de ahí una variable endógena, como el pago de los acreedores es una función del valor residual de los activos de la empresa incumplida. Bajo el marco teórico de Merton la probabilidad de incumplimiento y la tasa de recuperación están inversamente relacionados. Es decir, si el valor de la empresa se incrementa entonces su probabilidad de incumplimiento tiende a disminuir mientras que la tasa de recuperación esperada al incumplir crece. Por otro lado, si se incrementa la deuda de la empresa su probabilidad de incumplimiento crece mientras que la tasa de recuperación esperada al incumplir decrece. Además, si la volatilidad de los activos de la empresa se incrementa su probabilidad de incumplimiento crece mientras que la tasa de recuperación esperada al incumplir decrece, esto debido a que los posibles valores de los activos pueden ser bastante bajos relativo a los niveles de los pasivos. En esta investigación, en particular, se considera un modelo de riesgo crédito, en particular el modelo estructural de Merton que permite determinar la evaluación de la probabilidad de incumplimiento, de dos bancos comerciales, como la probabilidad de que el valor de mercado de los activos sea menor que el valor de los pasivos a su fecha de vencimiento. Asimismo, se muestra un análisis de la evolución.

En este trabajo de investigación, en una segunda sección, se describe el modelo estructural de Merton y su algoritmo para determinar el valor de los activos de la empresa. En una tercera sección se aplica el modelo de riesgo crédito a la empresa. En una cuarta sección se dan las conclusiones del modelo de riesgo crédito en el que se han determinado el valor de los activos de la empresa, la probabilidad de incumplimiento, las *betas* de la empresa, es decir se puede observar la evolución de éstos en el tiempo *t*.

2. El modelo estructural de Merton: Valuación de la probabilidad de incumplimiento de una empresa

Los modelos estructurales del riesgo de incumplimiento son modelos de causa y efecto. Se pueden identificar las condiciones bajo la cual se espera el prestatario, es decir quien recibe dinero en préstamo, incumpla y por consiguiente estimar la probabilidad de que éstas se den para calcular la probabilidad de incumplimiento del prestatario.

La probabilidad de incumplimiento se espera que ocurra si el valor de los activos (*asset value*), es decir el valor de la empresa, no es lo suficiente para cubrir los pasivos de la empresa. Recordemos que el valor de los activos es igual al valor del capital social (o patrimonio neto) más el valor de los pasivos. Si el valor de los pasivos es mayor que el valor de los activos los tenedores del capital social (*equity holders*) tendrían la opción de dejar la empresa a los acreedores y dado que el valor de los activos es menor que la de los pasivos, el reembolso de los acreedores no sería completamente cubierto e implicaría que la empresa caería en incumplimiento.

Una alternativa para calcular la probabilidad de incumplimiento de una empresa es utilizar un modelo estructural, en particular la teoría de valuación de opciones o modelos de contingencia. Uno de los modelos más sofisticados para realizar dichos cálculos es el modelo (Merton, R. C., 1974). Asimismo se utilizará el Modelo de Black y Scholes para determinar el valor del capital social (*equity value*), patrimonio neto, en la que se supone que los activos de la empresa siguen una determinada distribución, en particular una distribución de tipo normal.

En el modelo estructural de Merton se considera que el incumplimiento de la empresa ocurre si el valor de sus activos está por abajo de un valor critico asociado con los pasivos de la empresa. Note que el valor de los activos es igual al *capital social* más el apalancamiento, deuda; es decir:

$$A_t = E_t + L_t.$$

En este modelo, los supuestos son:

I) Los pasivos de la empresa consisten sólo de un Bono cupón cero con un valor L y con un plazo de T;

II) No hay pago de dividendos hasta la fecha de vencimiento, T;

III) Los *tenedores* del capital social esperan hasta T antes de decidir si incumplen o no;

IV) La probabilidad de incumplimiento es la probabilidad de que al tiempo T, el valor de los activos esté por abajo del valor de los pasivos;

V) El valor de los activos de la empresa siguen una distribución *log-normal*;

Para llevar a cabo dichos cálculos se considera la hoja de balance de la empresa, en particular el valor de los activos de la empresa, el capital social (patrimonio neto) y se determinan los pasivos de la empresa. Se especifica la función de distribución que sigue el valor de los activos de la empresa a la fecha de madurez T, en particular el *log-normal*.

Sea σ^2 la varianza anual del logaritmo del valor de los activos. Mientras que la esperanza del cambio en el logaritmo del valor de los activos es $E[\ln(X)] = \mu - \sigma^2/2$ en la que μ es el parámetro de difusión.

La probabilidad de incumplimiento se calcula como

$$Prob(Default) = \Phi(-DD), \qquad (1)$$

donde

$$DD = \frac{\ln\left(\frac{A_t}{L}\right) + (\mu - \sigma^2)(T - t)}{\sigma\sqrt{T-t}}, \qquad (2)$$

y en la que A_t, L, μ y σ^2 se conocen. Siendo DD la magnitud o distancia al incumplimiento, es decir mide el número de desviaciones estándar del valor esperado del activo A_T para alcanzar el incumplimiento. De esta manera se calculará la probabilidad de incumplimiento, sin embargo en la práctica para una empresa típica no se conoce el valor de mercado de los activos, es decir, no se conoce el valor del activo A_t al tiempo t, lo que se observa son los valores en libros de los activos y seguramente puede que diverge del valor de mercado. Por tal motivo no se podría estimar la volatilidad del activo, σ.

Para resolver este problema se utiliza la teoría de valuación de opciones, es decir, la fórmula para valuar una opción de compra de tipo Europeo y se relaciona con los parámetros de la empresa, es decir, relacionar las variables observables y las no observables (A_t, σ) como se muestra en la siguiente subsección.

2.1 *Valuación de los activos de una empresa*, (Merton, 1974)

Considerando el modelo de valuación de una opción de compra Europea (Black F. y Scholes M., 1973) y adaptado por (Merton R. C., 1974) para la valuación de los activos de la empresa se desprende un conjunto de ecuaciones a resolver, como se observara en esta sección. La teoría de valuación permitirá relacionar las variables observables y las no observables. Para empresas cuyos estados financieros son de dominio público y cotizan en bolsa, se puede observar el valor de mercado del capital social, es decir se observa que el valor de capital social es el precio de la acción, multiplicado por el número de acciones en circulación.

Si el valor de los activos está por abajo del valor de los pasivos, el valor del capital social será cero y en este caso los tenedores de bonos reclamaran los activos de la empresa. Mientras que, sí el valor del activo es mayor que el valor nominal del Bono cupón cero los tenedores del capital social, recibirán un valor llamado el residual y el pago final (*pay-off*) se incrementará en forma lineal con el valor de los activos de la empresa. Es decir, se calcula el valor esperado del valor del activo y el pasivo de la empresa al tiempo T, es decir, el pago final de una opción Europea de compra, esto es

$$E\{A_T - L|F_t\} = \max(\, A_T - L, 0)$$

Donde es la información disponible al tiempo t. El subyacente de la opción de compra (*call*), son los activos de la empresa y el precio de ejercicio (*strik*e) es el pasivo L. Por otra parte el pago final a los tenedores de los bonos les corresponde para un portafolio compuesto de un bono cupón cero libre de riesgo con valor nominal L, es decir el pasivo de la misma y una opción de venta (*put*), derecho a vender en una fecha determinada sobre los activos de la empresa y a un precio de entrega de "L".

Si la empresa no paga dividendos, el valor del capital social puede ser calculado con la fórmula Black y Scholes para una opción de compra Europea al tiempo t con precio de ejercicio L y vencimiento en T, escrito como $E_t = E_t(A_t, t; T, L, r, \sigma)$. El valor de los activos, A_t, es guiado por una ecuación diferencial estocástica dada por

$$dA_t = \mu A_t dt + \sigma A_t dW_t, \tag{3}$$

donde μ es el rendimiento de los activos y σ la volatilidad de los rendimientos de los activos de la empresa. Entonces, el patrimonio de los accionistas, E_t, al tiempo t es el valor esperado del máximo de A_t - L_t y cero dada la información del mercado al tiempo t. Esto es,

$$E_t = e^{-r(T-t)} E\,\{\max(\,A_T - L, 0)|F_t\}.$$

Entonces,

$$E_t = e^{-r(T-t)} \int_0^\infty \max(A_T - L, 0) f_{A_T|a_t}(a|A_t) dA$$

$$= e^{-r(T-t)} \int_L^\infty \max(a - L, 0) f_{A_T|a_t}(a|A_t) da\,,$$

donde $f_{A_T|a_t}$ es la función de densidad de probabilidad. Por lo tanto, se tiene

$$E_t = A_t \Phi(d_1) - \; L_t e^{-r(T-t)} \Phi(d_2), \tag{4}$$

en la que $\ln(A_T) \sim \mathcal{N}\left(\ln(A_t) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t), \sigma^2(\mathrm{T}-\mathrm{t}) \right)$, donde la función $\Phi(d)$ es la función de distribución acumulada de $\varepsilon \sim \mathcal{N}(0,1)$, es decir,

$$\Phi(d) = \mathbb{P}_{\varepsilon}\{\varepsilon \leqq d\} = \int_{-\infty}^{d} \frac{1}{\sqrt{2\Pi}} e^{-1/2\epsilon^2} d\epsilon = 1 - \Phi(-d), \quad (5)$$

$$d_1 = d_1(A_t, t; T, L, r, \sigma) = \frac{\ln\left(\frac{A_t}{L}\right) + \left(\mu + \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}; \text{ y} \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t}. \quad (6)$$

Observe que se conoce E_t y L pero se requiere conocer A_t y σ; de manera equivalente se requiere determinar d_1 y d_2. Por lo que se utiliza información histórica para determinarlos, esto es E_T con $T < t$.

Se desea calcular el valor de los activos al tiempo t, A_t y su volatilidad σ. Despejando A_t de la ecuación (4),

$$A_t = \left[E_t + Le^{-r_t(T-t)}\Phi(d_2)\right]\frac{1}{\Phi(d_1)}. \quad (7)$$

Ahora, si se consideran un histórico de n días, se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$A_{t-i} = \left[E_{t-i} + L_{t-i}e^{-r_{t-i}(T-(t-i))}\Phi(d_2)\right]\frac{1}{\Phi(d_1)}, \quad (8)$$

con i=0,1,2,..., 252; donde los valores d_1 y d_2 se calculan en los tiempos t, t-1, ..., t-252 respectivamente. Se consideran que las tasas de interés r_i con $i=t$, t-1,... , t-252 varían con el tiempo con el objeto de tener una aproximación con el mercado. Por lo que se presenta un sistema de 253 ecuaciones con 253 incógnitas y con una volatilidad que se puede estimar a través de una serie de valores de los activos A_t. Por simplicidad se puede considerar que los pasivos de la empresa tienen un periodo de maduración de un año.

Cabe señalar que en una empresa se tienen pasivos con distintas fechas de vencimiento, por lo que puede determinarse una fecha de vencimiento promedio, y puede considerarse una primera aproximación, es decir de $\Delta t = T - t = 1$ año, lo que implicará el poder determinar la probabilidad de incumplimiento a un año. La volatilidad σ es estimada a partir de la serie de tiempo para A_t.

El sistema de ecuaciones se resuelve en forma iteractiva hasta alcanzar un nivel de convergencia en la que se especifica, que el proceso se detiene, si la suma de la diferencia de los cuadrados entre valores consecutivos de los activos está por abajo de un error de 10^{-8}, es decir si el error es

$$\|A(k+1) - A(k)\| < \varepsilon = 1 \times 10^{-8} \tag{9}$$

Básicamente, en un primer paso, se calculan los valores iniciales de los activos A_{t-i} para i=0, 1,2,..., 252. Es decir, el valor del activo A_{t-i} es igual a la suma del valor del capital social en el mercado, E_{t-i}, y el valor en libros de los pasivos de la empresa, L_{t-i}. La volatilidad σ es igual a la desviación estándar del logaritmo de los rendimientos calculados con los A_{t-i}. En un segundo paso, se realizan k iteracciones (k=1, 2,...). Esto es, se inserta el valor de los activos A_{t-i} y σ obtenidos en el paso anterior considerando la fórmula Black y Scholes para d_1 y d_2, ecuaciones (6), con el objeto de calcular los nuevos valores de los activos A_{t-i}. Y se utilizan los nuevos valores A_{t-i} para estimar el valor del volatilidad del activo (*asset volatility*). El proceso continúa hasta alcanzar convergencia con un determinado error especificado como se mencionó anteriormente. El proceso, anterior se puede describir para k iteraciones de la siguiente manera: Sea $A(k)$ el activo evaluado en la k-ésima iteración

$$A(k) \equiv [A_0(k), A_{-1}(k), \dots, A_{-252}(k)].$$

Análogamente, se tiene el capital social

$$E(k) \equiv [E_0(k), E_{-1}(k), \dots, E_{-252}(k)]$$

y los pasivos dados por $L(k) \equiv [L_0(k), L_{-1}(k), \dots, L_{-252}(k)]$.

2.2 Volatilidad de los rendimientos del activo y estimación del rendimiento esperado con el modelo de valuación de activos de capital, CAPM.

Ahora, se calcula la volatilidad anualizada de los rendimientos de los activos en el periodo de tiempo T-t. Se considera el logaritmo de los rendimientos, es decir

$$\ln(R_{0,T} = P_T/P_0) = \sum_{i=1}^{T} \ln(R_i), \tag{10}$$

en la que $\ln(R_i) = r_i$. Ahora, si los rendimientos son independientes en los periodos, la varianza de los rendimientos es la suma de las varianzas es decir $\mathrm{Var}(r_{0,T}) = \sum_{i=1}^{T} \mathrm{Var}(r_i)$ de donde la volatilidad del rendimiento de los activos es

$$\sigma(r_{0,T}) = \sqrt{T}\sigma(r_t). \tag{11}$$

La beta, β, de los activos con respecto al índice del mercado (el rendimiento del índice de precios y cotizaciones, IPC), se estima mediante el modelo CAPM para los rendimientos sobre el activo *i*; es decir,

$$E[R_i] = R + \beta(E[R_M] - R), \tag{12}$$

donde R es la tasa de retorno libre de riesgo, R=exp(r)-1 y $E[R_M]$-R es la prima de riesgo mercado. Se consideraran los rendimientos del IPC de la Bolsa Mexicana de Valores como una aproximación al rendimiento del mercado dado por R_M, es decir el rendimiento del portafolio del mercado.

Entonces, se calcula el exceso de los rendimientos ϵ_r de los activos de la empresa y del IPC. Esto es $\epsilon_r = (A_t/A_{t-1}) - (1 + R_t/252)$. Asimismo, el exceso de los rendimientos sobre el IPC, es decir $\epsilon_{r-IPC} = (P_t^{IPC}/P_{t-1}^{IPC}) - (1 + R_t/252)$, donde el número 252 corresponde al número de días que cotizan las acciones en la bolsa.

La estimación de la beta en el tiempo t se calcula considerando una regresión lineal con los datos de los excesos de los rendimientos de los valores de los activos y los rendimientos del IPC, es decir la pendiente. Se estima el valor de la prima de riesgo mercado, $E[R_M]$-R, para calcular el rendimiento esperado de los activos de la empresa, $E[R_i]$, y se calcula μ como el logaritmo de los rendimientos, es decir $\mu = \ln(1+E[R_i])$. Con los valores de μ, σ, y el valor de los activos en la iteracción $k+1$, se calcula la probabilidad de incumplimiento, ecuaciones (1) y (2).

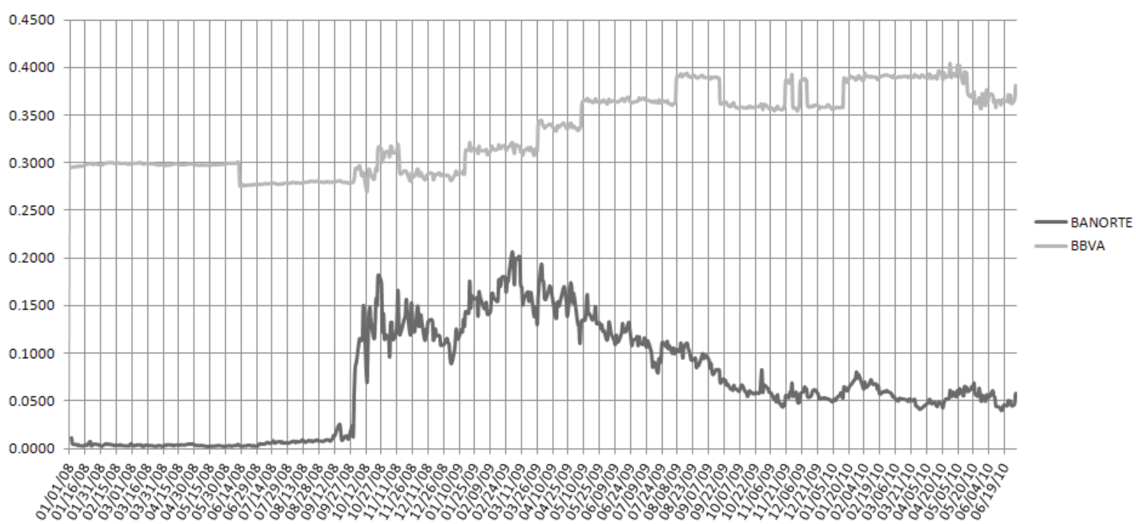
3. Probabilidad de incumplimiento en dos bancos

A continuación se calcula la probabilidad de incumplimiento de la empresa BANORTE (Banco comercial) y BBVA (Banco comercial) a lo largo de un periodo de tiempo *T-t*, así como las Beta de los activos, la tendencia (drift), y la distancia al incumplimiento. Se muestra el apalancamiento en cada uno de los bancos. Para ello, se analiza el período de tiempo del 2 de enero de 2008 al 30 de junio de 2010.

La Gráfica 1 muestra la evolución de la probabilidad de incumplimiento para BANORTE (trazo fino) y BBVA (trazo grueso). En ambos casos, la probabilidad de incumplimiento aumenta al desencadenarse la crisis de los títulos *subprime* (septiembre del 2008). La probabilidad de incumplimiento de BBVA es sensiblemente mayor que la de BANORTE. En buena medida esta diferencia se debe a que el apalancamiento de BBVA medido como deuda/(deuda + *capital social*) es significativamente mayor —superior al 98%— que el de BANORTE —entre 70% y 80%—, aún durante los días posteriores a la adquisición de activos de Afore IXE (septiembre del 2009) y compra del Grupo Financiero IXE (2010), período en el que el apalancamiento de BANORTE pasa a situarse entre el 90 y el 95% (vease Gráfica 2).

En la Gráfica 1 también puede observarse que la probabilidad de incumplimiento de BBVA está fuertemente vinculada a cambios en la tasa libre de

Gráfica 1. Evolución de la probabilidad de Default
02/01/2007 al 30/06/2011.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 2. Apalancamiento,
02/01/2007 al 30/06/2011.

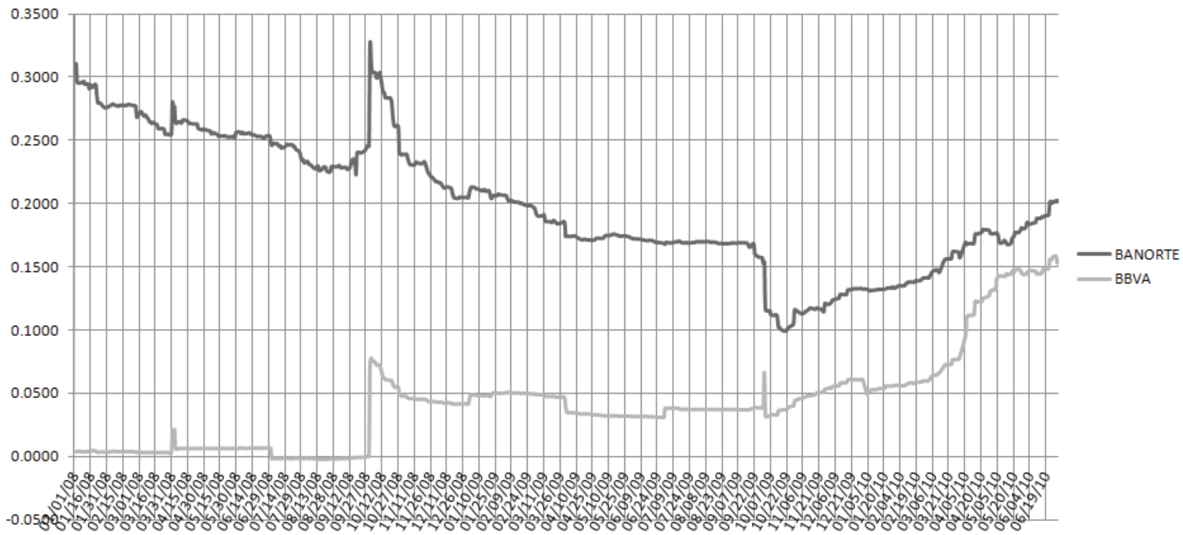
Fuente: Elaboración propia.

riesgo (aproximada por el rendimiento de las CETES 28 días). Por el contrario, la evolución de las CETES no influye de forma significativa en la probabilidad de incumplimiento de BANORTE. Este hecho se explica al comparar la correlación (beta) entre el *spread* de los títulos y el de mercado (medido por la diferencia entre el IPC y el rendimiento de CETES 28 días) para ambos bancos. El beta de BANORTE es mayor que el de BBVA durante todo el período analizado, como lo muestra la Gráfica 3. Como consecuencia, el rendimiento de los activos de BANORTE es más sensible al riesgo no diversificable (*spread* del mercado) que el rendimiento de los activos de BBVA. La Gráfica 4 evidencia este hecho. La volatilidad del rendimiento de BBVA (trazo grueso) es mucho menor que la de BANORTE (trazo fino).

4. Conclusiones

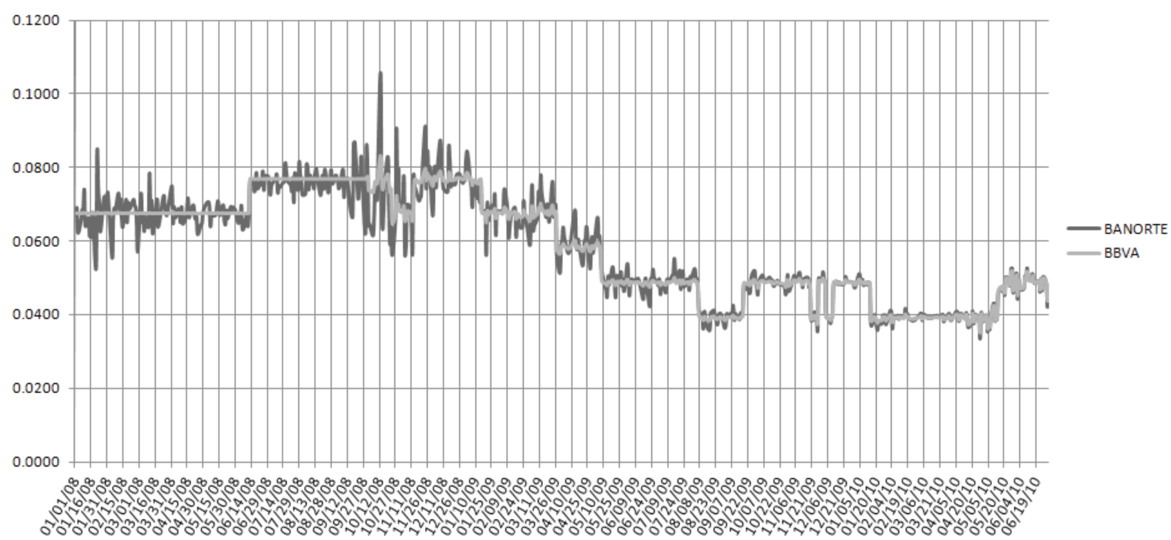
En este trabajo se utilizó el modelo estructural de Merton para determinar la evolución de la probabilidad de incumplimiento de dos de los principales bancos del sistema financiero mexicano: Banorte y BBVA. Se estimó la probabilidad de incumplimiento en una determinada fecha, a partir de la serie histórica de valores de mercado del capital social de cada banco, y del valor

Gráfica 3. Beta
02/01/2007 al 30/06/2011.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 4. Rendimientos.



Fuente: Elaboración propia.

contable de sus pasivos, durante el año anterior a dicha fecha, y se corrió la ventana de un año para obtener la evolución de dicha probabilidad durante el período enero-2008 a junio-2010.

Como era de esperarse, la probabilidad de incumplimiento aumentó en octubre del 2008, durante el evento de la caída en el precio de los bonos subprime, que desencadenó la crisis financiera reciente. Además, la probabilidad de incumplimiento está fuertemente determinada por el apalancamiento del banco y por la beta de sus acciones. En particular, la probabilidad de incumplimiento de BBVA, el banco más apalancado, es sensiblemente mayor que la de Banorte. Por otro lado, la probabilidad de incumplimiento de BBVA es muy sensible a variaciones en la tasa libre de riesgo, y es poco afectada por cambios en la prima por riesgo de mercado. Sucede lo contrario en el caso de Banorte: la probabilidad de incumplimiento de este banco es más sensible a cambios en la prima por riesgo de mercado. Como los títulos de Banorte están más correlacionados con el mercado que los de BBVA (tienen un beta mayor), el rendimiento de Banorte es más volátil que el de BBVA, y por lo tanto, la probabilidad de incumplimiento también lo es.

La identificación de los determinantes de probabilidad de *default* en bancos puede ser de utilidad para el diseño de políticas macro-prudenciales, destinadas a prevenir eventos de riesgo sistémico o acotar las pérdidas económicas causadas por estas crisis. En particular puede ser de interés analizar la sensibilidad de la probabilidad de incumplimiento de instituciones financieras, frente a cambios en el grado de apalancamiento, la diversificación de su portafolio de crédito (que determina la correlación entre el capital del banco y el mercado) y cambios en el instrumento de política monetaria (factor que incide en la tasa libre de riesgo). Este análisis, y la identificación de estrategias macro-prudenciales adecuadas a cada caso representarían líneas promisorias de investigación.

Bibliografía

Black, F. y Cox (1976). “Valuing Corporate Securities: Some Effects of Bond Indenture Provisions”. *Journal of Finance* 31, núm. 2, pp. 351-367.

______________. y Scholes M. (1973). “The Pricing of Options and Corporate Liabilities”. *The Journal of Political Economy*, Vol. 81, núm. 3, pp. 637-654.

Geske, R. (1977). "The Valuation of Corporate Liabilities as Compound Options". *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 12. Núm. 2, pp. 541-552.

Jorion, P., GARP (2009). *Financial Risk Manager Handbook*. John Wiley & Sons, Inc. Fifth Edition.

Kealhofer, S. (2003). "Quantifying Credit Risk I: Default Prediction". *Financial Analysts Journal* 59, pp. 30-44.

Merton, R. C. (1973). "Theory of Rational Option Pricing". *Journal of Economic and Management Science*. Vol. 4, núm. 1, pp. 141-183.

________________. (1974). "On the Pricing of Corporate Debt". *Journal of Finance*, pp. 449-470.

Vasicek, Oldrich A. (1984). *Credit Valuation*. KMV Corporation, March.

Vassalou, M. and Xing, Y. (2004). "Default Risk in Equity Returns", *Journal of Finance* 59, pp. 831-868.