

# ANÁLISIS DE LA PROBABILIDAD DE INCUMPLIMIENTO PARA LOS CRÉDITOS OTORGADOS POR INSTITUCIONES FINANCIERAS EN EL SECTOR AGROPECUARIO MEXICANO

Germán Aníbal Narvárez Vásquez<sup>1</sup>

Javier Chávez Ferreiro<sup>2</sup>

Emmanuel Soriano Basilio<sup>3</sup>

## RESUMEN.

Las instituciones financieras en la búsqueda de rendimiento de sus activos cuentan con diferentes productos dirigidos a sus clientes. En particular, el otorgamiento de créditos a personas físicas y morales es uno de sus principales servicios financieros. Las instituciones buscan que los ingresos y los egresos por dicho producto sean tal que los primeros sean iguales o mayores a los segundos; sin embargo, de manera natural al otorgar un crédito las instituciones financieras se encuentran ante un acreditado que pudiera o no cubrir sus obligaciones adquiridas. El presente trabajo tiene como objetivo analizar el riesgo de crédito en el sector agropecuario a partir de los modelos CyRCE (Capitalización y Riesgo Crédito), Montecarlo y Credit Risk+ con la finalidad de desarrollar una herramienta integral para la administración del riesgo de crédito, de aplicación general para las instituciones financieras y en particular para los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA).

**Palabras Clave:** Análisis, incumplimiento, riesgo de crédito, sector agropecuario.

## ABSTRACT.

Financial institutions in the search for performance of their assets have different products for their customers. In particular, lending to individuals and corporations is one of its key financial services. Institutions that seek

<sup>1</sup> Profesor-Investigador en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey-ITESM, Campús Morelia. E - mail: german.narvaez@itesm.mx.

<sup>2</sup> Profesor-Investigador en el Instituto Tecnológico de Morelia "José María Morelos y Pavón". E-mail: chavezferreiro@gmail.com.

<sup>3</sup> Candidato a Maestro en la Maestría en Ingeniería Económica y Financiera de Universidad La Salle Morelia. E- mail: silao@hotmail.com.

income and expenses for that product are such that the first are equal to or greater than the second, but naturally extend credit to financial institutions are faced with a dispute that may or may not meet your obligations acquired. This work aims to analyze the credit risk in agriculture from models CyRCE (Capital and Credit Risk), Monte Carlo and Credit Risk + in order to develop a comprehensive tool for managing credit risk, generally applicable to financial institutions and in particular for the Trust Funds to Agriculture (FIRA).

**Keywords:** Analysis, Breach, Credit Risk, Agriculture.

**Clasificación JEL:** C63, C67, D81.

## INTRODUCCIÓN.

El Producto Interno Bruto del sector agropecuario ha incrementado en promedio del primer trimestre de 2008 al segundo trimestre del 2011 el 0.5%. Una de las variables asociadas a la producción del sector es el otorgamiento de créditos ya sea a través de fondeo ó garantías.

Los créditos otorgados por los intermediarios financieros en el sector agropecuario, con ó sin fondeo de FIRA, pueden ser garantizados por el Fondo Especial de Asistencia Técnica y Garantías para Créditos Agropecuarios (FEGA) a cambio del pago de una prima de seguro ante el incumplimiento del acreditado. La prima de garantía cobrada por FEGA se encuentra en función de los pagos y recuperaciones que realiza cada intermediario financiero, no se toma como base al acreditado final, quien es el detonante del pago del seguro. Asimismo, el riesgo de crédito no se encuentra asociado a la probabilidad de incumplimiento del acreditado final. Por lo anterior, se torna necesario analizar el riesgo para el otorgamiento de crédito a través del modelo de puntaje que permita:

- i) Agilizar el otorgamiento de créditos en el sector agropecuario,
- ii) Conservar el patrimonio de FEGA, el cual es de carácter gubernamental,
- iii) Gestionar eficientemente el riesgo de crédito.

## **FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **Antecedentes.**

Las instituciones financieras a través del otorgamiento de créditos se convierten en uno de los pilares para el crecimiento económico de un país o región. La solidez de la estructura de capital de dichas instituciones contribuye a un sistema financiero estable que ayudará a atenuar impactos económicos y financieros. Para lograr la solidez, los gobiernos deben emitir reglas de supervisión y requerimientos de capital para reducir los riesgos de insolvencia.

Lo anterior llevó a las autoridades de supervisión de Bélgica, Canadá, Francia, Alemania, Italia, Japón, Luxemburgo, Holanda, Suecia, Suiza, Inglaterra y Estados Unidos a formar el Comité de Basilea para la Supervisión Bancaria el cual emitió el documento “Convergencia internacional de medición de capital y estándares de capital”, también denominado “El acuerdo BIS 1988” (después conocido como Basilea I). Este acuerdo, exigía que todos los préstamos a una corporación fueran ponderados por riesgo de crédito en un 100%, sin importar la calidad crediticia de la contraparte. Por lo anterior, y para adecuarse a la operativa de los bancos, en 1999 el comité emitió nuevas reglas conocidas como Basilea II basadas en tres pilares: i) Requerimientos de capital, ii) Revisión del supervisor, iii) Disciplina de mercado.

### **Problemática.**

Los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) se encuentra constituido por cuatro fideicomisos denominados: FEFA, FONDO, FOPESCA y FEAGA. Para cumplir su misión, FIRA apoya proyectos productivos relacionados con el sector rural fundamentalmente a través de intermediarios financieros bancarios (Bancos) e intermediarios financieros no bancarios (IFNBs) como SOFOLES, SOFOMES y Uniones de Crédito. A los intermediarios financieros se les ofrecen principalmente dos productos:

- 1) Fondeo a créditos: FIRA entrega recursos a los intermediarios financieros para que los mismos sean otorgados a los acreditados finales, a través de los fideicomisos FEFA, FONDO y FOPESCA.
- 2) Servicio de garantía: FIRA, a través del fideicomiso FEAGA, garantiza a los intermediarios financieros el pago de los acreditados finales. Los

intermediarios contratan el pago de un porcentaje del saldo insoluto cuando el acreditado incumple sus obligaciones, lo cual se le denomina servicio de garantía. (FEGA cobra una prima de seguro por brindar dicho servicio).

La problemática surge en el procedimiento de pago de garantía, donde se ha podido identificar los siguientes puntos: i) No se evalúa la probabilidad de incumplimiento del acreditado con base en sus características, ii) No se cuenta con probabilidades de incumplimiento para la estimación del riesgo de crédito (pérdida esperada y no esperada), iii) La prima de garantía se cobra en función del intermediario financiero; sin embargo, el evento que detona el pago es el incumplimiento del acreditado, iv) La falta del conocimiento de la probabilidad de incumplimiento de un acreditado no permite generar políticas de administración de riesgo de crédito que permitan conservar el patrimonio de una institución así como incrementar sus beneficios.

### **Objetivo de la investigación.**

La presente investigación tiene como objetivo determinar la probabilidad de incumplimiento, inferida a través del modelo de puntaje y el saldo contingente que contribuyan a generar una distribución de pérdidas por riesgo de crédito proveniente del análisis del portafolio con base en las características colectivas del grupo de individuos que lo conforman.

### **JUSTIFICACIÓN.**

El Producto Interno Bruto del sector agropecuario ha incrementado en promedio del primer trimestre de 2008 al segundo trimestre del 2011 el 0.5%. Una de las variables asociadas a la producción del sector es el otorgamiento de créditos ya sea a través de fondeo ó garantías.

Los créditos otorgados por los intermediarios financieros en el sector agropecuario, con ó sin fondeo de FIRA, pueden ser garantizados por FEGA a cambio del pago de una prima de seguro ante el incumplimiento del acreditado. La prima de garantía cobrada por FEGA se encuentra en función de los pagos y recuperaciones que realiza cada intermediario financiero, no se toma como base al acreditado final, quien es el detonante del pago del seguro. Asimismo, el riesgo de crédito no se encuentra asociado a la probabilidad de incumplimiento del acreditado final, además de solo contar con un modelo para la estimación del riesgo. Por lo anterior,

se torna necesario analizar el riesgo de crédito a partir de un modelo de puntaje que permita: i) Agilizar el otorgamiento de créditos en el sector agropecuario, ii) Conservar el patrimonio de FEGA, el cual es de carácter gubernamental, iii) Gestionar eficientemente el riesgo de crédito.

## MARCO CONCEPTUAL

### Modelo de Puntaje (Credit Scoring)

El Modelo de Puntaje, es un conjunto de modelos de decisión y sus técnicas subyacentes que ayudan a los prestamistas en la concesión de créditos al consumidor. Estas técnicas deciden quien obtendrá los créditos, y que estrategias operacionales mejoraran la ganancia de los prestamistas. Las técnicas de los modelos de puntaje (*credit scoring*) evalúan el riesgo en prestar a un consumidor en particular. (Thomas, Edelman, & Crook, 2002).

El pragmatismo y empirismo de los modelos de puntaje implica que cualquier característica del consumidor o de su ambiente que ayude a predecir su comportamiento debe ser usada en el modelo. Muchas variables tienen conexiones con el riesgo de incumplimiento. Si una variable ayuda a la predicción, debe ser usada. (Thomas, Edelman, & Crook, 2002).

### Modelo de Discriminación.

Si bien los métodos estadísticos fueron los primeros en ser usados para construir las tablas de puntaje, éstos han sido modificados. El método estadístico más común actualmente es la regresión logística (modelo logit) que toma como insumo el análisis de discriminante. Otros métodos son la regresión lineal y clasificación de árboles (modelo de árboles) el cual separa el conjunto de solicitantes en un cierto número de subgrupos en función de sus atributos y luego clasifica los subgrupos en satisfactorios o insatisfactorios. (Thomas, Edelman, & Crook, 2002).

#### *Separación de dos grupos: Análisis Discriminante.*

Los dos grupos a clasificar por el prestamista deben ser buenos y malos. Fisher sugirió que una medida  $M$  de sensibilidad de separación de poblaciones con varianza muestral común es:

$$M = \frac{\text{Distancia entre medias muestrales de dos grupos}}{(\text{Varianza muestral de cada grupo})^{1/2}}$$

Si  $m_G$ ,  $m_B$  y  $S$  son la media de la muestra del grupo de buenos, la media de los grupos malos y la varianza común respectivamente, la ecuación anterior se redefine como

$$M = w^T \frac{m_G - m_B}{(w^T S w)^{1/2}} \quad (1)$$

Diferenciando a la ecuación 1 respecto a  $w$ , el valor de  $M$  se maximiza cuando:

$$\frac{m_G - m_B}{(w^T S w)^{1/2}} - \frac{(w(m_G - m_B)^T)(S w^T)}{(w^T S w)^{3/2}} = 0$$

$$\text{Entonces: } (m_G - m_B)(w^T S w) = (S w^T)(w(m_G - m_B)^T) \quad (2)$$

Intuitivamente la tabla de puntaje busca separar los grupos de forma tal que se busque una ecuación que maximice la separación entre las medias.

### **Valor de la Información (VI).**

El Valor de la Información permite estimar el valor de predicción de una característica con base en los atributos de esta. (Siddiqi, 2006). La ecuación para estimar está dada por:

$$VI = \sum_{i=1}^a \ln \left( \frac{f(x_i)_g}{f(x_i)_b} \right) \left( f(x_i)_g - f(x_i)_b \right) \quad (3)$$

Donde  $f(x_i)_g$  = frecuencia relativa de buenos en el atributo  $i$ , y

$f(x_i)_b$  = frecuencia relativa de malos en el atributo  $i$ .

$a$  = número de atributos en que se divide la característica

### **Regresión Lineal.**

Los modelos de regresión lineal intentan explicar el valor de una variable dependiente  $Y$  en función de valores de una o varias variables explicativas  $X$ . Las variables  $X$  pueden ser cuantitativas o cualitativas, siendo las primeras aquellas que toman un valor numérico y las cualitativas, también conocidas como variables dummy, son aquellas que implican la existencia o ausencia de una cualidad o atributo, como el ser varón o mujer. El método de cuantificar los atributos consiste en construir variables artificiales que asumen el valor 1 si se tiene la presencia del atributo y 0 en caso contrario. (Gujarati, 2006)

La relación entre la variable dependiente y la variable explicativa se encuentra dada en la siguiente ecuación:

$$Y = w_0 + w_{1,1}x_{1,1} + w_{1,2}x_{1,2} + \dots + w_{1,m-1}x_{1,m-1} + \dots + w_{n,1}x_{n,1} + \dots + w_{n,m-1}x_{n,m-1} \quad (4)$$

### ***Regresión Logística.***

La regresión logística es una función discriminante que intenta encontrar la mejor combinación de características que expliquen la probabilidad de incumplimiento. Si  $p_i$  es la probabilidad de que el solicitante  $i$  en la muestra ha incumplido, es decir que  $Y_i$  valga 1, es deseable encontrar un vector  $w$  tal que: (Gujarati & Porter, 2010)

$$\log\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right) = w_0 + w_1x_1 + \dots + w_px_p = wx^T \quad (5)$$

Tomando exponenciales de ambos lados de la ecuación (5) se obtiene:

$$p_i = \frac{e^{wx}}{1+e^{wx}} = F(x_i'w) \quad (6)$$

A diferencia de la regresión lineal, la regresión logística permite que la variable  $p_i$  solo tome valores entre 0 y 1, el cual es el rango esperado para una variable que estime una probabilidad (en este caso de incumplimiento).

Los componentes del vector  $w$  son encontrados a través del método de máxima verosimilitud, mediante encontrar el vector que maximice el logaritmo de la función de verosimilitud la cual es: (Novales, 1993).

$$L = \prod_{Y_i=1} F(x_i'w) \prod_{Y_i=0} [1 - F(x_i'w)] \quad (7)$$

### ***Peso de la evidencia.***

Tanto la regresión lineal como el modelo de regresión logística pueden realizarse sobre variables dummies o con base en el Peso de la Evidencia o WOE por sus siglas en inglés (*Weight of Evidence*). El  $WOE_{i,k}$  del atributo  $i$  que pertenece a la característica  $k$  se estima a través de:

$$WOE_{t,k} = \sum_{i=1}^a \ln\left(\frac{f(x_i)_g}{f(x_i)_b}\right) * 100 \quad (8)$$

La práctica sugiere la utilización del WOE en lugar de las variables dummies.

### **Tablero de puntaje.**

En general la relación entre odds (división de buenos a malos) y el puntaje puede ser presentado como una transformación lineal: (Siddiqi, 2006)

$$\text{Score} = \text{offset} + \text{factor} * \ln(\text{odds}) \quad (9)$$

El tablero de puntaje se desarrolla utilizando odds especificados a un puntaje y “puntos para doblar odds” (pdo) también especificados. El factor y el offset pueden ser calculados mediante resolver las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \text{Score} &= \text{offset} + \text{factor} * \ln(\text{odds}) \\ \text{Score} + \text{pdo} &= \text{offset} + \text{factor} * \ln(2 * \text{odds}) \end{aligned}$$

Resolviendo para las diferentes variables se obtiene:

$$\text{Pdo} = \text{factor} * \ln(2) \quad (10)$$

$$\text{Factor} = \text{pdo} / \ln(2) \quad (11)$$

$$\text{Offset} = \text{score} - \text{factor} * \ln(\text{odds}) \quad (12)$$

Dado que el tablero de puntaje se realiza utilizando el WOE como insumo, la ecuación (9) puede ser modificada como:

$$\begin{aligned} \text{score} &= \ln(\text{odds}) * \text{factor} + \text{offset} = -\left(\sum_{j,i=1}^{k,n} (\text{woe}_j * w_i) + a\right) * \text{factor} + \\ \text{offset} &= -\left(\sum_{j,i=1}^{k,n} \left(\text{woe}_j * w_i + \frac{a}{n}\right)\right) * \text{factor} + \text{offset} = \sum_{j,i=1}^{k,n} \left(-\left(\text{woe}_j * w_i + \frac{a}{n}\right) * \right. \\ &\left. \text{factor} + \text{offset}/n\right) \end{aligned} \quad (13)$$

Con la ecuación (15) se encuentra el puntaje de cada atributo. La suma de los puntajes de cada atributo del crédito da como resultado el puntaje total otorgado al crédito.

### **Validación del Tablero de Puntaje.**

El tablero de puntaje debe demostrar que efectivamente separa de una manera adecuada a los créditos clasificados como malos de aquellos clasificados como buenos, otorgando un menor puntaje a los primeros.



Para esto se han desarrollado una serie de pruebas estadísticas, siendo las comúnmente utilizadas para llevar a cabo la validación de los modelos de puntaje (Thomas, Edelman, & Crook, 2002):

- Índice de Ginni.
- Índice de Divergencia.
- K-S (Kolmogorov – Smirnov).
- Valor de la Información.
- Índice de Estabilidad de la Población.
- Prueba T.

### ***Modelo de Riesgo de Crédito.***

El riesgo de crédito lo definen las “Disposiciones de carácter general aplicables a las instituciones de crédito” emitidas por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV) como la pérdida potencial por la falta de pago de un acreditado o contraparte. El riesgo de crédito deriva de la posibilidad de que el acreditado pueda incumplir. (Hull, 2007) En particular para el presente trabajo se definirá el riesgo de crédito como la posibilidad de que FEGA pague una garantía al intermediario financiero por el incumplimiento de las obligaciones de un acreditado.

### ***Pérdida Esperada.***

Como se trata de una pérdida esperada, las instituciones financieras deben tomar como dado la disminución de sus utilidades conforme a dicha pérdida. A través de la generación de reservas para riesgos crediticios se reconoce dicha pérdida. Conforme se detalla más adelante, esta pérdida es la base para el cobro de la prima de seguro. La pérdida no esperada, la cual es la diferencia entre el riesgo de crédito y la pérdida esperada, es cubierta con el capital de la Institución y también debe ser considerada como componente de la prima de seguro.

### ***Modelo CyRCE.***

El resultado de otorgar un crédito se puede clasificar en dos escenarios: bueno (cumplió) o malo (incumplió). El resultado de que el crédito  $i$  se le clasifique como malo se encuentra en función de una probabilidad de incumplimiento  $p_i$  para un horizonte de tiempo  $ht$ . Dicha probabilidad está asociada a las características del acreditado y se estima a partir de los

modelos de puntaje anteriormente descritos. Por simplicidad, se supondrá independencia entre acreditados, es decir, el que un acreditado incumpla no implica que otro también lo hará. Una vez descrito lo anterior, se procede a encontrar la distribución de pérdida de la cartera donde cada crédito tiene un saldo de incumplimiento  $S_i$  y una probabilidad de incumplimiento  $p_i$ . La distribución se puede estimar por medio de una distribución de probabilidad normal, la cual requiere obtener una probabilidad de incumplimiento común  $p_\pi$ . Dicha probabilidad se estima a través de:

$$p_\pi = \frac{\sum_{i=1}^n p_i S_i}{S} \quad (14)$$

$$S = \sum_{i=1}^n S_i \quad (15)$$

Dado que cada crédito presenta un comportamiento binominal, es decir, pago o no pago, el riesgo de mercado se estima a través de:

$$\text{VaR}_\alpha = p_\pi S + z_\alpha \sqrt{V} = p_\pi S + z_\alpha \sqrt{p_\pi(1 - p_\pi) \sum_{i=1}^n S_i^2} \quad (16)$$

### ***Modelo CREDIT RISK +.***

A diferencia del modelo CyRCE, el modelo Credit Risk + modela dos procesos aleatorios que presenta cualquier cartera de crédito: el proceso de número de incumplimiento y el proceso del monto de las pérdidas. La distribución de Poisson modela eventos discretos en un espacio o tiempo continuo. Es decir, los eventos de incumplimiento (discreto) en un dado lapso de tiempo  $ht$ . En la cartera se desea modelar el número de incumplimiento de los cuales es imposible pronosticar el número exacto ni el momento preciso. Sin embargo, es posible asociar una probabilidad al número de incumplimientos en un dado lapso de tiempo.

Sea  $p_n = Pr[N = n]$  la probabilidad de que se presenten exactamente  $n$  incumplimientos. Utilizando la distribución de Poisson,  $p_n$  se encuentra dado por: (Gutiérrez & Elizondo, 2002).

$$p_n = \frac{e^{-\mu} \mu^n}{n!} \quad (17)$$

Donde  $\bar{p}$  representa el número esperado de incumplimientos de la cartera en el periodo.

### Modelo Montecarlo

Se tiene una cartera compuesta por  $n$  acreditados, cada uno con un saldo  $S_i$ , independientes entre ellos con una probabilidad de incumplimiento  $p_i$  para un horizonte de tiempo  $ht$ . Dado que el incumplimiento es una variable aleatoria, el resultado de cada crédito se puede modelar a través de una función indicadora  $I_i$  que toma los siguientes valores (Márquez, 2009):

$$I_i = \begin{cases} 1 & \text{si } u_i \leq p_i \\ 0 & \text{eoc} \end{cases} \quad (18)$$

Donde  $I_i$  toma el valor 1 si el acreditado  $i$  incumple y 0 en otro caso (eoc), y  $u_i$  es una variable aleatoria distribuida de manera uniforme en el rango  $0 - 1$   $U \sim [0,1]$  para  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Dado lo anterior, la pérdida estimada  $LGD_w$  del portafolio para el escenario  $w$  viene dada por:

$$LGD_w = \sum_{i=1}^n I_i * S_i \quad (19)$$

Se simulan  $W$  escenarios que permiten recrear la distribución de pérdidas  $LGD$ :

$$LGD = \begin{bmatrix} LGD_1 \\ LGD_2 \\ \vdots \\ LGD_w \end{bmatrix} \quad (20)$$

Los  $W$  escenarios son ordenados de la mayor a la menor pérdida, siendo el VaR a un  $\alpha$  nivel de confianza la observación  $Y$  que cumple con: (Hull, 2007)

$$Y = W * (1 - \alpha) \quad (21)$$

### ***Prueba Retrospectiva (backtesting).***

El objetivo de la prueba retrospectiva (*backtesting*) es determinar la capacidad predictiva de los modelos de riesgo. Lo anterior se hace contabilizando en un cierto horizonte de tiempo el número de veces que las pérdidas por riesgo de crédito exceden el VaR (*rebases*). La metodología sugerida es la desarrollada por Kupiec, la cual establece el número de rebases máximos y mínimos conforme a la siguiente ecuación:

$$-2 \ln \left[ (1 - \rho)^{m-e} \rho^e \right] + 2 \ln \left[ \left( 1 - \frac{e}{m} \right)^{m-e} \left( \frac{e}{m} \right)^e \right] \quad (22)$$

### ***Modelo para la Estimación de Primas de Seguro.***

El contrato de seguro es el acuerdo por el cual una de las partes, el asegurador –FEGA–, se obliga de resarcir un daño a través de una suma asegurada de dinero a la otra parte, tomador –Intermediario Financiero–, a cambio del pago de un precio denominado prima.

## **METODOLOGIA.**

Para realizar el presente estudio, se tomó una muestra de 110,278 créditos garantizados de personas físicas por FEGA entre enero 2006 y mayo 2011. De cada crédito se cuenta con 69 variables ligadas al perfil del acreditado. La misma muestra sirvió para realizar las pruebas retrospectivas de la estimación del valor en riesgo del portafolio garantizado.

El sustento teórico se ubica, en su primer parte, en los modelos de discriminación haciendo un análisis de los diferentes modelos de puntaje, entre los más importantes se encuentran el modelo de regresión lineal y Logit. Después de hacer un comparativo entre los modelos de discriminación, se aplicaron los resultados a los modelos de estimación del riesgo de crédito CyRCE, Credit Risk + y Montecarlo.

## ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

### Base de datos.

Se recibió una base inicial con una cantidad de 110,278 créditos garantizados, de los cuales se eliminaron 43 por falta de información, quedando 110,235 créditos para análisis. Los créditos garantizados presentan 69 distintas características, aplicándose a cada una la prueba del valor de la información, para determinar su grado de utilidad para el desarrollo del modelo de puntaje.

**Tabla 1: Distribución de crédito por año de apertura.**

Fecha de apertura de crédito	
Año	Número de créditos
2006	5,104
2007	5,504
2008	13,975
2009	28,794
2010	41,612
2011	15,246
Tota l	110,235

Fuente: Elaboración propia.

Todos los créditos garantizados contenidos en la base de datos presentan un comportamiento conocido, es decir, estos son créditos vencidos o créditos vigentes con incumplimiento.

### Definición de comportamiento.

Con base en lo anterior, se vuelve menester definir la clasificación de los créditos:

- Malo: se define como un crédito malo aquel que presentó pago de garantía y a los 90 días no se recuperó el total.
- Bueno: es aquel crédito al que no se le otorgó pago de garantía
- Indeterminado: son aquellos tuvieron pago de garantía pero a los 90 días ya se había recuperado el monto total.

### Generación de muestra de desarrollo.

Para desarrollar la tabla de puntaje, se sugiere (Siddiqi, 2006) que la muestra inicial se divida de la siguiente forma:

- 80% del total de los créditos utilizados como muestra de desarrollo.
- 20% del total de los créditos utilizados como muestra de prueba.

Para el desarrollo del tablero de puntaje (*scorecard*) se eliminaron los créditos indeterminados, quedando únicamente créditos definidos como buenos o malos, con dichos cambios la muestra total se redujo a 102,417 créditos, esto con la finalidad de darle mayor potencia al modelo. De éstos créditos se eliminaron 2 por presentar información incompleta, con lo cual la muestra final quedó en 102,415 créditos.

**Tabla 2. Clasificación de créditos por muestra de desarrollo.**

MUESTRA DE DESARROLLO		
Clasificación	Número de créditos	Porcentaje
Bueno	80,651	99.31%
Malo	562	0.69%
TOTAL	81,213	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3. Clasificación de créditos por muestra de prueba.**

MUESTRA DE PRUEBA		
Clasificación	Número de créditos	Porcentaje
Bueno	21,098	99.51%
Malo	104	0.49%
TOTAL	21,202	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

La muestra de prueba guarda consistencia con la de desarrollo en el sentido de mantener la proporción de buenos y de malos.

### Valor de la información.

Se aplicó la prueba del Valor de la Información a cada una de las 69 características de los créditos garantizados. A continuación se presentan

las variables (características) y los atributos que serán utilizados para la estimación de las tablas de puntaje.

### Monto de crédito.

**Tabla 4. Valor de la información de la característica monto de crédito.**

Rangos	Malos	Buenos	TOTAL	Malos	Buenos	TOTAL	VI
30,000	32	17252	17284	5.7%	21.4%	21.3%	0.208
80,000	35	13234	13269	6.2%	16.4%	16.3%	0.099
150,000	53	11344	11397	9.4%	14.1%	14.0%	0.019
300,000	106	14661	14767	18.9%	18.2%	18.2%	0.000
800,000	141	15270	15411	25.1%	18.9%	19.0%	0.017
> 800,000	195	8890	9085	34.7%	11.0%	11.2%	0.271
	562	80651	81213	100.0%	100.0%	100.0%	0.614

Fuente: Elaboración propia.

### Porcentaje de cobertura efectiva.

**Tabla 5. Valor de la información de la característica cobertura efectiva.**

% Cobertura	Malos	Buenos	TOTAL	Malos	Buenos	TOTAL	VI
40	39	23833	23872	7%	30%	29%	0.328
45	30	17271	17301	5%	21%	21%	0.223
63	443	35086	35529	79%	44%	44%	0.210
100	50	4461	4511	9%	6%	6%	0.016
	562	80651	81213	100%	100%	100%	0.777

Fuente: Elaboración propia.

### Cadena productiva.

**Tabla 6. Valor de la información de la característica cadena productiva.**

CADENA PRODUCTIVA	Malos	Buenos	TOTAL	Malos	Buenos	TOTAL	VI
CARNE	185	11587	11772	33%	14%	14%	0.154
OTRAS CADENAS	101	14122	14223	18%	18%	18%	0.000
MAIZ	73	15049	15122	13%	19%	19%	0.021
CARNE- LECHE(DOBLE P)	40	1295	1335	7%	2%	2%	0.082
ARROZ	20	320	340	4%	0%	0%	0.069
SORGO	18	3532	3550	3%	4%	4%	0.004
CHILE	18	962	980	3%	1%	1%	0.020
LECHE	17	1300	1317	3%	2%	2%	0.009
OTROS	90	32484	32574	16%	40%	40%	0.224
	562	80651	81213				0.582

Fuente: Elaboración propia.

### Número de amortizaciones

**Tabla 7. Valor de la información de la característica número de amortizaciones.**

Amortizaciones	Malos	Buenos	TOTAL	Malos	Buenos	TOTAL	VI
1	320	45584	45904	57%	57%	57%	0.000
> 5	145	15327	15472	26%	19%	19%	0.021
5	54	3675	3729	10%	5%	5%	0.038
4	22	4911	4933	4%	6%	6%	0.010
3	11	8265	8276	2%	10%	10%	0.137
2	10	2889	2899	2%	4%	4%	0.013
	562	80651	81213	100%	100%	100%	0.218

Fuente: Elaboración propia.

### Municipio.

**Tabla 8. Valor de la información de la característica municipio.**

Municipio	Malos	Buenos	TOTAL	Malos	Buenos	TOTAL	VI
GRUPO A	68	270	338	12%	0%	0%	0.422
GRUPO B	494	80381	80875	88%	100%	100%	0.015
	562	80651	81213	100%	100%	100%	0.44

Fuente: Elaboración propia.

Grupo B: Tuxtla Gutiérrez, Palizada, Palenque, Cuitlahuac, Tenabo

Grupo A: Todos los municipios no contenidos en el grupo A

### Tipo de garantía.

**Tabla 9. Valor de la información de la característica garantía.**

Garantía	Malos	Buenos	TOTAL	Malos	Buenos	TOTAL	VI
NORMAL BASICA	171	8197	8368	30%	10%	10%	0.222
GL - AVALES - OTR	176	2358	2534	31%	3%	3%	0.673
GARANTÍA_FEGA	215	70096	70311	38%	87%	87%	0.399
	562	80651	81213	100%	100%	100%	1.295

Fuente: Elaboración propia.

### Esquema de cobro.

**Tabla 10. Valor de la información de la característica esquema de cobro.**

Esquema de cobro	Malos	Buenos	TOTAL	Malos	Buenos	TOTAL	VI
SIMFAA	336	32400	32736	60%	40%	40%	0.078
OTROS	222	35389	35611	40%	44%	44%	0.005
TRADICIONAL	4	12862	12866	1%	16%	16%	0.474
	562	80651	81213	100%	100%	100%	0.556

Fuente: Elaboración propia.



**Tipo de cobertura.****Tabla 11. Valor de la información de la característica cobertura.**

Cobertura	Malos	Buenos	TOTAL	Malos	Buenos	TOTAL	VI
Tasa Fija	359	29294	29653	64%	36%	37%	0.156
Tasa Variable	203	51357	51560	36%	64%	63%	0.156
	562	80651	81213	100%	100%	100%	0.312

Fuente: Elaboración propia.

**Garantía sin fondeo.****Tabla 12. Valor de la información de la característica fondeo.**

Fondeado	Malos	Buenos	TOTAL	Malos	Buenos	TOTAL	VI
No	542	61878	62420	96%	77%	77%	0.045
Sí	20	18773	18793	4%	23%	23%	0.370
	562	80651	81213	100%	100%	100%	0.415

Fuente: Elaboración propia.

**Edad.****Tabla 13. Valor de la información de la característica edad.**

Edad acreditado	Malos	Buenos	TOTAL	Malos	Buenos	TOTAL	VI
25	29	2651	2680	5%	3%	3%	0.008
52	399	48250	48649	71%	60%	60%	0.019
67	127	22842	22969	23%	28%	28%	0.013
> 67	7	6908	6915	1%	9%	9%	0.141
	562	80651	81213	100%	100%	100%	0.182

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando la fórmula de la regresión lineal (4), se estima el vector  $W$  que encuentra la aportación de cada una de las características. El vector  $W$  estimado es:

**Tabla 14. Vector  $w$  de la regresión lineal.**

CARACTERÍSTICA	VECTOR W	
EJE ORDENADO	$W_0$	0.025878
MONTO CREDITO	$W_1$	- 0.000034
TIPO GARANTIA	$W_2$	- 0.000113
ESQUEMA COBRO	$W_3$	0.000002
TIPO COBERTURA	$W_4$	- 0.000046
GARANTIA SIN FONDEO	$W_5$	- 0.000001
CADENA PRODUCTIVA	$W_6$	- 0.000047
MUNICIPIO	$W_7$	- 0.000484
EDAD	$W_8$	- 0.000019
NUM_AMORTIZACIONES	$W_9$	0.000001
PCT_COBERTURA_EFECTIVA	$W_{10}$	- 0.000028

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando la fórmula de la regresión logística (5), se estima el vector  $W$  que encuentra la aportación de cada una de las características. El vector  $W$  estimado es:

**Tabla 15. Vector  $w$  de la regresión logística.**

CARACTERÍSTICA	VECTOR W	
EJE ORDENADO	W0	0.493472
MONTO CREDITO	W1	0.632947
TIPO GARANTIA	W2	0.616218
ESQUEMA COBRO	W3	0.599668
TIPO COBERTURA	W4	0.654197
GARANTIA SIN FONDEO	W5	0.503067
CADENA PRODUCTIVA	W6	0.425921
MUNICIPIO	W7	0.606340
EDAD	W8	0.008196
NUM_AMORTIZACIONES	W9	0.378777
PCT_COBERTURA_EFECTIVA	W10	0.638667

Fuente: Elaboración propia.

### Tableros de puntaje.

Lo descrito en la sección 4.1.6, se aplica a los resultados encontrados en las Tablas 12 y 13. El factor de escala utilizado es de 600, los puntos para doblar odds es de 20 con lo que se estima un factor de 28.85.

A continuación podemos observar en la Tabla 16 los cálculos ejecutados mediante una regresión lineal y en la Tabla 17, los cálculos matemáticos ejecutados mediante una regresión logística. Las variables utilizadas para las regresiones corresponden a: i) Monto de crédito, ii) porcentaje de cobertura efectiva, iii) cadena productiva, iv) número de amortizaciones, v) municipio, vi) tipo de garantía, vii) esquema de cobro, viii) tipo de cobertura, ix) garantía sin fondeo y x) edad.

**Regresión lineal**

El tablero de puntaje para la regresión lineal es el siguiente:

**Tabla 16: Regresión lineal.**

Monto de crédito	
Rangos	Puntaje
30,000	71.37
80,000	67.89
150,000	62.30
300,000	58.01
800,000	55.60
> 800,000	47.10

**Porcentaje de cobertura efectiva**

% Cobertura	Puntaje
40	70.18
45	69.69
63	53.52
100	54.50

**Cadena productiva.**

CADENA PRODUCTIVA	Puntaje
CARNE	47.14
OTRAS CADENAS P	58.02
MAIZ	63.28
CARNE- LECHE(DOUBLE P)	38.20
ARROZ	28.65
SORGO	62.61
CHILE	44.99
LECHE	49.84
OTROS	70.87

**Regresión Logística**

El tablero de puntaje para la regresión logística es el siguiente:

**Tabla 17: Regresión logística.**

Monto de crédito	
Rangos	Puntaje
30,000	24.85
80,000	18.38
150,000	7.98
300,000	0.01
800,000	- 4.46
> 800,000	- 20.26

**Porcentaje de cobertura efectiva**

% Cobertura	Puntaje
40	26.44
45	25.38
63	- 9.89
100	- 7.77

**Cadena productiva.**

CADENA PRODUCTIVA	Puntaje
CARNE	- 13.66
OTRAS CADENAS PRODUCTIVAS	0.23
MAIZ	6.95
CARNE- LECHE(DOUBLE P)	- 25.08
ARROZ	- 37.28
SORGO	6.10
CHILE	- 16.41
LECHE	- 10.21
OTROS	16.64

## Número de amortizaciones.

Amortizaciones	Puntaje
1	58.37
> 5	58.46
5	58.58
4	58.25
3	57.90
2	58.17

## Municipio.

Municipio	Puntaje
GRUPO A	57.48
GRUPO B	75.91

## Tipo de garantía.

Garantía	Puntaje
NORMAL BASICA	43.82
GL - AVALES - OTROS	26.91
GARANTÍA_FEGA -	69.26

## Esquema de cobro.

Esquema de cobro	Puntaje
SIMFAA	58.61
OTROS	58.31
TRADICIONAL	56.50

## Tipo de cobertura.

Cobertura	Puntaje
Tasa Fija	50.88
Tasa Variable	65.89

## Garantía sin fondeo.

Fondeado	Puntaje
No	58.29
Sí	59.06

## Número de amortizaciones.

Amortizaciones	Puntaje
1	0.54
> 5	- 5.09
5	- 13.40
4	9.02
3	31.93
2	13.89

## Municipio.

Municipio	Puntaje
GRUPO A	- 51.39
GRUPO B	2.51

## Tipo de garantía.

Garantía	Puntaje
NORMAL BASICA -	12.79
GL - AVALES - OTROS -	28.46
GARANTÍA_FEGA - GTIA LIQUIDA FONDOS	10.77

## Esquema de cobro.

Esquema de cobro	Puntaje
SIMFAA	- 6.27
OTROS	2.52
TRADICIONAL	55.08

## Tipo de cobertura.

Cobertura	Puntaje
Tasa Fija	5.49
Tasa Variable	8.17

## Garantía sin fondeo.

Fondeado	Puntaje
No	- 1.82
Sí	21.21

**Edad.**

Edad acreditado	Puntaje
25	55.91
52	57.44
67	59.60
> 67	68.89

Fuente: Elaboración propia.

**Edad.**

Edad acreditado	Puntaje	
25	-	7.63
52	-	2.47
67		4.84
> 67		36.21

Fuente: Elaboración propia.

**CONCLUSIONES.**

La falta del conocimiento de la probabilidad de incumplimiento de un acreditado no permite generar políticas de administración de riesgo de crédito que permitan conservar el patrimonio de una institución así como incrementar sus beneficios, debido principalmente a que: i) No se evalúa la probabilidad de incumplimiento del acreditado con base en sus características, ii) No se cuenta con probabilidades de incumplimiento para la estimación del riesgo de crédito (pérdida esperada y no esperada), iii) La prima de garantía se cobra en función del intermediario financiero; sin embargo, el evento que detona el pago es el incumplimiento del acreditado.

Con este antecedente, se ha realizado un análisis matemático exhaustivo con la finalidad de proponer una solución para los problemas detectados en el procedimiento de pago de garantía, que tenga como base un modelo de puntaje para el otorgamiento de créditos, cuyos resultados sirvan para estimar el riesgo de crédito del portafolio de garantías y las primas de riesgo de equilibrio que deben cobrarse en el sector agropecuario.

**FUENTES CONSULTADAS.**

- GUTIÉRREZ, J., & ELIZONDO, A. (2002). *Riesgo de Crédito: el enfoque actuarial*. Ciudad de México.
- GUJARATI, D. (2006). *Principios de econometría*. España: McGraw Hill.
- GUJARATI, D., & PORTER, D. (2010). *Econometría*. México: McGraw Hill.
- HULL, J. C. (2007). *Risk management and financial institutions*. United States of America: Pearson Prentice Hall.
- MÁRQUEZ, J. (2009). *Una nueva visión del riesgo de crédito*. Distrito Federal, México: Limusa.

- NOVALES, A. (1993). *Econometría*. Madrid: Mc Graw Hill.
- SIDDIQI, N. (2006). *Credit Risk Scorecards: Developing and implementing intelligent Credit Scoring*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- THOMAS, L., EDELMAN, D., & CROOK, J. (2002). *Credit Scoring and its applications*. United States of America: SIAM.