

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"CONSTRUCCION DE UN MODELO BASADO EN  
ESTADISTICA MULTIVARIADA PARA LA DECISION  
EN EL OTORGAMIENTO DE CREDITO"

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
A C T U A R I O  
P R E S E N T A :  
**GUSTAVO IGNACIO MENDEZ NARVAEZ**

290632

DIRECTOR DE TESIS:  
ACT. FERNANDO ALONSO PEREZ TEJADA LOPEZ



FACULTAD DE CIENCIAS  
SECCION ESCOLAR



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



REPÚBLICA NACIONAL  
VENEZUELA  
CARACAS

**MAT. MARGARITA ELVIRA CHÁVEZ CANO**  
**Jefa de la División de Estudios Profesionales de la**  
**Facultad de Ciencias**  
**Presente**

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis: "Construcción de un modelo basado en estadística multivariada para la decisión en el otorgamiento de crédito"

realizado por **Gustavo Ignacio Méndez Narváez**

con número de cuenta **9157039-4**, pasante de la carrera de Actuaría.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis **Act. Fernando Alonso Pérez Tejada López**

Propietario **M. en A.P. María del Pilar Alonso Reyes**

Propietario **Act. Oscar Aranda Martínez**

Suplente **Dr. Miguel Angel García Álvarez**

Suplente **Act. Victor Rodríguez Muñoz**

**Consejo Departamental de Matemáticas**

**M. en C. José Antonio Flores Díaz**

FACULTAD DE CIENCIAS

CONSEJO DEPARTAMENTAL

DE MATEMÁTICAS

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** por darme la oportunidad de aprender en sus aulas.

Mi agradecimiento y reconocimiento al Act. Fernando Alonso Pérez Tejada López por el tiempo dedicado a la dirección de esta tesis.

Igualmente mi más sincero agradecimiento a los demás miembros del jurado del examen profesional:

M. en A.P. María del Pilar Alonso Reyes

Act. Oscar Aranda Martínez

Dr. Miguel Angel García Alvarez

Act. Víctor Rodríguez Muñoz

Agradezco:

A Dios el permitirme escoger libremente y a mis madres, Rita Grande y Rita Chica, por apoyarme en mis decisiones aunque no siempre sean las más sensatas.

A mi papá Gustavo cuyo ejemplo me mostró que la responsabilidad y el trabajo confiere la autonomía que nos da el ser libres.

A mi esposa Ana Lilia y a mi hijo Gus por su cariño incondicional, el cual hace soportable cualquier esfuerzo.

A mi familia por darme la seguridad de que en su casa siempre tengo un refugio.

Y a todas las personas que en la vida laboral me han enseñado a pescar y que con su ayuda han orientado mi camino.

ÍNDICE	1
INTRODUCCION	2
I. CRÉDITO BANCARIO AL CONSUMO	4
2.2 Actividad del sistema bancario	6
2.2 Créditos al consumo	20
II. EVALUACIÓN DEL RIESGO EN CREDITOS AL CONSUMO	29
2.1 Evaluación del riesgo	30
2.2 Análisis de crédito	39
III. CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE EVALUACIÓN DE RIESGO MEDIANTE ESTADÍSTICA MULTIVARIADA	43
3.1 Clasificación	44
3.2 Elaboración de una regla óptima de clasificación	52
3.3 Comportamiento de la regla bajo supuestos de normalidad	56
IV. APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE CLASIFICACIÓN SOBRE UNA MUESTRA HIPOTÉTICA DE SOLICITUDES PARA CRÉDITOS HIPOTECARIOS	61
4.1 Metodología para la técnica de clasificación	62
4.2 Conformación de la muestra	67
4.3 Análisis de los datos	72
V. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	79
5.1 Obtención de la regla de clasificación	80
5.2 Análisis de costos por error de asignación	91
5.3 Conclusiones	96
BIBLIOGRAFÍA	102

## Introducción

El objetivo principal de este trabajo consiste en mostrar como se puede construir un modelo para la decisión en el otorgamiento de créditos al consumo por la banca comercial basado en estadística multivariada, tanto de manera teórica así como la aplicación práctica.

El estudio cubre la necesidad de obtener una medida de riesgo con base a la experiencia pasada, teniendo como premisa principal que el comportamiento futuro será similar al comportamiento en el pasado; en particular esta premisa permite que sea factible el aplicar la técnica de estadística multivariada, ya que en créditos al consumo su alcance masivo crea la necesidad de segmentar poblaciones de acuerdo a características afines.

Para enmarcar el estudio dentro del ámbito en el cual se lleva a cabo la función de otorgamiento de créditos al consumo se define en el capítulo I el concepto de actividad bancaria, esto es, se describe la función de la banca de acuerdo a las necesidades sociales que ésta cubre dentro de la economía de mercado, asimismo se exponen las razones mediante las cuales se dirigen los bancos para realizar inversiones desde que el dinero que administran no es propio sino que proviene de terceros. Habiendo establecido este marco se describen las principales características que se observan en los créditos al consumo en cuanto a su propósito y a los términos más usuales en que se contratan.

El capítulo segundo analiza el riesgo inherente a los créditos al consumo y en general revisa el modelo desde el punto de vista de teoría del portafolio el cual evalúa la prima a cobrar por absorber el riesgo crediticio, en consecuencia el riesgo a absorber tiene que ser estimado y las condiciones particulares en los créditos al consumo (masivos y diversos tipos de solicitantes) presentan características para los

cuales el análisis de crédito tiene que basarse en el carácter, la capacidad, el capital, el colateral y la condicionalidad que presenta el solicitante de crédito.

La construcción teórica del modelo se presenta en el capítulo tercero, el cual propone como primer paso la clasificación de los créditos en satisfactorios e insatisfactorios, tal que el primer grupo se conforma de aquellos acreditados a los que se define como un buen negocio para el banco y cuyas características se buscará se sigan repitiendo en las nuevas solicitudes de crédito, una vez definidas estas poblaciones se utiliza la ecuación discriminante de Fisher para separar estas poblaciones de forma numérica para cualquier distribución en general; posteriormente esta regla se extiende asignando costos a los errores de asignación tal que se localice el punto óptimo donde resulta más económico poner la cota de separación entre las poblaciones; el último punto del capítulo analiza los resultados bajo el supuesto de que las poblaciones se distribuyen normalmente.

El capítulo cuarto revisa la metodología a seguir para aplicar la técnica de clasificación sobre una muestra hipotética, en particular se toma como muestra el universo de créditos otorgados en el período febrero 94 a agosto 97 por una institución bancaria, y analiza las variables que reflejan las características de los acreditados tanto vigentes como vencidos.

Finalmente, el último capítulo muestra los resultados obtenidos mediante el análisis de discriminantes del paquete SPSS, además se asignan costos por error de asignación a fin de establecer la cota límite de aceptación de solicitudes de crédito, esbozando con ello el ciclo completo para el desarrollo de una aplicación práctica; asimismo se expresan conclusiones sobre el trabajo en sí y se proponen posibles desarrollos utilizando la técnica de estadística multivariada, tanto como por la inclusión de nuevas variables, así como por la aplicación de esta técnica estadística en otras ramas de la banca comercial.

# I. Crédito bancario al consumo.

## Introducción.

Este primer capítulo tiene como problema central a tratar la actividad bancaria, considerando los tipos de crédito que se ofrecen en el mercado al consumo por la banca comercial y analizando finalmente como se da el proceso de decisión en un banco para otorgar dichos créditos.

En el primer subtema se responde a la pregunta ¿cómo operan los bancos y por que otorgan créditos?, desarrollando los principales aspectos de cobertura de un banco, describiendo en forma generalizada las funciones que un banco realiza, como obtiene el banco su materia prima de trabajo (dinero) y como tiene que transformarlo para que regrese a sus depositantes con interés; además, enumera las tres principales materias de análisis que una entidad bancaria debe considerar antes de destinar recursos a activas (inversiones y/o préstamos), y por último presenta el marco legal referente al régimen de inversión en materia bancaria.

Una vez habiendo descrito el proceso de actividad del sistema bancario, el segundo subtema tiene como objetivo reconocer los diversos tipos de crédito al consumo que se ofrecen en el mercado, para ello se especifican las principales clasificaciones que pueden hacerse de los créditos de acuerdo a sus principales características, además de puntualizar los créditos al consumo más comunes que otorgan los bancos en el país considerando las características más sobresalientes de cada tipo de los crédito, tales como destino del crédito, costo del crédito, etc.

Por último, el tercer subtema analiza las consideraciones que un banco efectúa para otorgar crédito a un individuo, principalmente el riesgo que éste representa, el cual no sólo depende de factores tales como la capacidad de pago que el solicitante de crédito tenga en el momento de solicitar el crédito sino también de la voluntad que haya mostrado para solventar adeudos anteriores y también de la perspectiva que en el futuro tenga el individuo sobre sus ingresos, entre otros aspectos.

## 1.1 Actividad del sistema bancario.

Las raíces lingüísticas de la palabra banca<sup>1</sup> provienen de la palabra francesa *banque*, que en sus orígenes significaba cofre, y de la italiana *banca*, la cual era de uso común en el siglo XII para designar la mesa, el contador, o el lugar de negocios de un cambista de dinero. La conformación del actual concepto de banca proviene de las connotaciones de estas dos palabras, ya que resumen las principales actividades bancarias que son, proporcionar un lugar seguro donde depositar el dinero y en el cual se puedan realizar transacciones con el mismo.

En general, el propósito de existencia de la banca comercial es lograr ganancias con base a la prestación de servicios financieros (intermediación financiera), esto es, el banco atrae capitales de ahorradores para que a su vez éste los distribuya en inversiones de distinto tipo, así se tendrá que, los servicios que un banco ofrece cumplen con las tres siguientes funciones<sup>2</sup>:

1. Función de depósito.- Mediante esta función se obtiene la materia prima de trabajo del banco, ya que, corporaciones, consumidores y gobierno depositan en el banco fondos para pagar deudas y/o para obtener interés en fondos excedentes con la seguridad de que cuando necesiten su dinero éste se encontrará disponible, mientras que por su parte el banco se compromete a salvaguardar dichos valores.
2. Función de préstamo.- Convierte la materia prima de trabajo (depósitos de los ahorradores) en un activo del cual se obtienen ganancias a través del proceso de intermediación (préstamos e inversiones). El ingreso que se deriva de la función de préstamo se usa para pagar interés al depositante, cubrir los gastos de operación

---

<sup>1</sup> Sinkey Jr., Joseph F., *Comercial bank financial management*, Macmillan Publishing Company 1986 segunda edición, páginas 1 y 2.

<sup>2</sup> The New England Banking Institute, *Fundamentals in banking*, Ginn Press 1991 segunda edición, páginas 2-4.

del banco y además obtener ganancia del remanente que se genere una vez habiendo efectuado las dos anteriores acciones.

3. Función de pago.- Paga las obligaciones emitidas por depositantes del sistema bancario, esto es, cheques, vouchers, u otro tipo de documentos respaldados por cualquier entidad bancaria, ya sea que éstas sean firmados por la entidad o por cualquiera de sus depositantes; es necesario resaltar que, sin esta función las posibilidades de comercio serían extremadamente limitadas.

Ahora bien, dado que un banco no está conformado por una sociedad que busque arriesgar su capital en inversiones, sino que, al realizar las funciones de depósito y de préstamo, el banco es realmente un intermediario financiero, esto es, los bancos actúan prestando a quienes tienen necesidad de fondos, para lo cual dichos fondos pertenecen a depositantes que tienen un excedente de los mismos, teniendo como propósito del negocio bancario el obtener utilidades derivadas de la prestación de estos servicios.

Así que, el dinero ingresa al banco como depósitos (pasivos bancarios) y sale de él como préstamos e inversiones (activos bancarios), siendo entonces que, el banco obtiene ganancias de las actividades anteriores por intereses y/o comisiones; al efectuar este proceso de intermediación el banco fomenta el desarrollo económico, ya que sin esta función el flujo de dinero sería muy escaso.

Los depósitos se realizan respaldados por un acuerdo o por un contrato entre el depositante (ahorrador) y el depositario (banco), en el que el depositante entrega una o varias sumas de dinero al depositario en períodos variables de tiempo, tal que, el depositario promete salvaguardar los fondos y tenerlos disponibles para el depositante en algún momento del tiempo previamente acordado entre ambos, y, dependiendo del tipo de depósito, pagar un interés sobre los fondos en custodia.

Y dado que el banco conviene en pagar un interés sobre los depósitos que recibe, es consecuente que dichos depósitos los ponga a trabajar a través de inversiones, sin embargo, ya que el dinero debe estar disponible para sus depositantes en el momento en que éstos lo requieran, las inversiones que un banco realiza deben cumplir con las siguientes condiciones<sup>1</sup>: liquidez, seguridad (entiéndase como nivel de riesgo), e ingreso.

**Liquidez.** Por liquidez se entiende la facilidad para convertir un activo a dinero sin disminución alguna en el valor del activo, esto es, tener el dinero cuando se necesita en su valor real. En un banco la liquidez es necesaria para satisfacer tanto la demanda de préstamos como la de retiros por parte de sus clientes.

Es así que, el nivel de liquidez que un banco debe mantener depende, por un lado de la demanda de retiros por parte de sus clientes, ya que, los clientes depositan su dinero con la seguridad de que estará disponible cuando ellos lo necesiten y, por otra parte, de las demandas de crédito que se tienen de clientes con una larga relación con el banco que necesitan un préstamo y que esperan que cuando lo soliciten éste les sea otorgado.

La liquidez es entonces la primer área de importancia para un banco, ya que, con ella se satisfacen las demandas de los clientes, para ello, es primordial que la administración del banco evalúe las posibles fechas y montos de retiro de sus depositantes, ya que, siendo ellos quienes proporcionan la materia prima de trabajo deben ser los primeros a quienes se debe satisfacer.

---

<sup>1</sup> The New England Banking Institute, *Fundamentals in banking*, Ginn Press 1991 segunda edición, páginas 126 y 127.

La administración de la liquidez<sup>4</sup> en un banco se define como el proceso de generar fondos para enfrentar obligaciones (ya sea de tipo contractual o por relaciones públicas) a precios razonables en cualquier momento del tiempo, tal que se satisfagan las demandas de préstamos y de retiros.

Una administración correcta de la liquidez servirá para mostrar al mercado adverso al riesgo que, el banco es seguro (i.e. los depositantes pueden disponer de su dinero cuando lo necesiten), y por otra parte, evitará al banco el vender activos a un precio menor de su valor nominal.

Ahora bien, la liquidez que presenta un banco está en función del tipo de activo en que se invierta, ya que por ejemplo, activos como certificados de depósito son bastante líquidos dado que existe un mercado donde hay compraventa de dichos instrumentos todos los días y su valor nominal se conserva, mientras por otra parte, existen activos como edificios o préstamos los cuales no pueden ser convertidos a dinero en forma inmediata sin disminución alguna en el valor nominal.

Sin embargo, aún cuando los activos sean fácilmente convertibles a dinero, no necesariamente se recibe el valor nominal al que se adquirieron, ya que, en el caso de acciones existe el riesgo de pérdida ocasionado por un cambio en las tasas de interés o en factores de oferta y demanda que afectan el mercado, por lo que, los activos en que se invierta, aunque sean fácilmente convertibles a dinero no necesariamente son líquidos, y en consecuencia repercuten en el nivel de ingreso del banco.

La liquidez que un banco conserva se puede clasificar jerárquicamente, según el tipo de activos en que se invierta, en el siguiente orden:

---

<sup>4</sup> Sinkey Jr., Joseph F, *Comercial bank financial management*, Macmillan Publishing Company 1986 segunda edición, páginas 329-333.

1. Reserva primaria.- es aquella reserva que el banco constituye en exceso de la que legalmente se le requiere, se considera como su reserva de trabajo; teniendo como objetivo en la administración de liquidez el mantener suficientes fondos como para cumplir con las demandas de retiros de los clientes pero sin excederse, puesto que se mantendrían en este tipo de reserva fondos improductivos.
2. Reserva secundaria.- está constituida por inversiones realizadas en activos de bajo riesgo (CETES u obligaciones del gobierno federal) con vencimientos a corto plazo (menores de seis meses) que coincidan con posibles retiros en el futuro, es así que, su objetivo es cumplir con aquellas demandas de fondos dependientes de procesos estacionarios, tales como pago de impuestos, reparto de utilidades, etc.
3. Reserva terciaria.- este tipo de reserva la conforman activos con un plazo de vencimiento de uno a dos años, y tiene como objetivo generar ingreso y a la vez proporcionar una protección contra cambios a largo plazo de incremento de demandas de préstamos y/o disminuciones en los flujos de efectivo que un banco recibe por concepto de depósitos.
4. Reserva de inversión.- generalmente la conforman activos con un plazo de vencimiento mayor a dos años y contratados a altas tasas de interés, los cuales tienen como único y principal objetivo el generar ingreso, además de que con el paso del tiempo proporcionarán también una fuente de liquidez a la cual se puede recurrir, en su mayor parte este tipo de reserva se encuentra concentrada en la cartera de crédito de un banco.

Según la clasificación anterior el siguiente cuadro muestra la distribución de la cartera en reserva de la banca múltiple de México en su conjunto, la cual considera tanto la cartera de valores operativa como la cartera de créditos vigentes en el periodo comprendido entre 1992 y 1995.

De dicho cuadro resalta el hecho de que las reservas terciaria y de inversión de los bancos oscile entre el 85% y el 75%, lo cual es indicativo por una parte, de los altos niveles de inversión que los bancos realizan con objeto de generar ingreso y por otra de la importancia de estos últimos como generadores de ahorro interno, crecimiento y desarrollo de la economía, ya que este tipo de reserva es la que promueve el consumo y no la especulación.

La reducción obligada por la situación económica de 1995 que se presenta en las reservas de corto y largo plazo es significativa, pues aún cuando esta última se conserve por niveles superiores al 70%, el traspaso de 15% de la cartera realizado durante el último año incidió sobre la tenencia de valores gubernamentales. Lo anterior se significa como una reducción real en la inversión sobre la economía y un incremento obligado sobre activos líquidos que pudieran ser fácilmente convertidos a dinero.

**DISTRIBUCION DE LA RESERVA DE LA BANCA MULTIPLE 1992-1995 <sup>1/</sup>**  
(millones de nuevos pesos)

TIPO DE RESERVA \ AÑO	1992	1993	1994	1995
Primaria (Conversión inmediata) <sup>1/</sup>	22,281.8	36,893.9	67,060.5	79,546.5
Participación Porcentual	7.3 %	10.2 %	12.8 %	13.8 %
Secundaria (Corto plazo) <sup>2/</sup>	21,574.5	3,568.3	11,684.3	69,680.0
Participación Porcentual	7.1 %	1.0 %	2.2 %	12.1 %
Terciaria (Mediano plazo) <sup>3/</sup>	174,596.5	212,321.8	314,936.6	282,867.8
Participación Porcentual	57.4 %	58.8 %	60.0 %	49.1 %
De Inversión (Largo plazo) <sup>4/</sup>	85,744.0	108,304.4	131,635.1	143,795.4
Participación Porcentual	28.2 %	30.0 %	25.1 %	25.0 %

<sup>1/</sup> Cartera constituida por Valores de Renta Fija, Acciones y aportaciones patrimoniales.

<sup>2/</sup> Cartera constituida por Valores Gubernamentales (Cetes, Tesobonos, Ajustabonos, Bondes, etc.).

<sup>3/</sup> Cartera constituida por Créditos Comerciales.

<sup>4/</sup> Cartera constituida por Créditos personales al consumo y Préstamos para la vivienda.

<sup>5/</sup> Para 1995 no se incluyen cifras de Unión, Cremi, Banpaís, Banco Obrero, Banco de Oriente, Inverlat y Banco del Centro

FUENTE: Boletín Estadístico de Banca Múltiple, tomo XLII, número 571, CNByV.

Ahora bien, como se comentó con anterioridad, aunque la cartera de créditos otorgados compuesta por valores de mediano y largo plazo represente una fuente de liquidez en el futuro, también deberá evaluarse el riesgo que este tipo de inversiones representa, ya que en la planeación a largo plazo, el aceptar un cartera de riesgo alto exigirá de un banco mayores niveles de liquidez tal y como se observó en el cuadro anterior, puesto que se requiere de un mayor nivel de capital disponible para poder sufragar posibles quebrantos.

Es por ello que a continuación se analizarán las condiciones de seguridad (riesgo) que un banco debe de considerar en sus inversiones.

**Seguridad.** La segunda área a evaluar para un banco antes de realizar una inversión es el nivel de riesgo que ésta ofrece, esto es necesario dado que las inversiones que un banco realiza no son financiadas con dinero propio sino de sus clientes, por lo que, el banco debe proteger dichos fondos, pues de no hacerlo puede sufrir pérdidas de ingreso, capital, y lo más importante, la confianza de sus depositantes, siendo entonces que debe conservarse un determinado nivel de riesgo en el portafolio de inversiones.

Desde que el valor en las tasas de interés en el futuro es desconocido y que en los préstamos que el banco otorga no se tiene una certeza de que serán liquidados en el futuro, los bancos enfrentan riesgos de cambios en las tasas de interés que afectarán tanto el valor nominal del activo en que se invierta, así como el nivel de ingreso esperado en el futuro; es por ello que los bancos deben de minimizar el riesgo al realizar sus inversiones, siendo este motivo por lo que a continuación se analizará el concepto de riesgo.

El riesgo como tal es un evento del cual no se tiene la certeza de que suceda, pero que tiene la posibilidad de ocurrir en el futuro, por lo cual, el riesgo tiene la cualidad de ser aleatorio y por lo tanto susceptible de ser estimado mediante probabilidad.

Los riesgos pueden clasificarse de acuerdo con la frecuencia con que ocurren en constantes o estacionarios, y variables. Riesgos constantes ocurren si la probabilidad de que ocurra el evento  $X$  en el tiempo  $t$  es igual a la probabilidad de que ocurra el evento en el tiempo  $t+k$  (y entonces la probabilidad está en función del tiempo  $F(t)$ ). Riesgos variables se dan cuando la ocurrencia de un evento depende del evento mismo (es decir de  $F(X)$ ).

Cualitativamente, es decir, por la forma en que ocurren, los riesgos se pueden denominar especulativos. Los riesgos especulativos tienen la característica de que sus consecuencias pueden ser favorables o desfavorables, siendo éstos los que se dan en la actividad bancaria, por otra parte, los riesgos susceptibles de ser asegurados son aquellos en que la única consecuencia de que ocurra el evento es desfavorable.

Ahora bien, el hecho de aceptar la existencia de la exposición al riesgo conlleva, intuitivamente, a buscar una forma de contrarrestar la severidad del evento en caso de que éste fuera desfavorable. A la refinación y estudio de este proceso intuitivo se le llama administración de riesgos, la cual se encarga tanto de riesgos puros como especulativos, y que, en el caso particular de este trabajo se da exclusivamente sobre riesgos de tipo especulativo, los cuales son generados por un banco debido al desarrollo mismo de sus actividades.

Por tanto, la idea de riesgo es inherente al concepto crédito ya que este último involucra una promesa de pago en alguna fecha en el futuro, y ya que el futuro no es predecible con perfecta precisión en eventos contingentes, la intuición de que no todas las deudas serán pagadas como se acordó conlleva a crear un modelo de

estimación y predicción del grado de riesgo involucrado tanto para cada solicitud de crédito como para el tipo de inversión que se realice.

El modelo mencionado anteriormente sólo puede darse basado en la lógica y la experiencia en el pasado, siendo su objetivo aceptar sólo aquellos riesgos que se consideren tan bajos dentro de una población suficientemente grande, tal que se logre la prosperidad de la empresa, sin exponerla a posibles quebrantos o reducciones en su nivel de ingreso.

Así que, el problema central radica en poder estimar correctamente el riesgo, ya que, si el riesgo es subestimado la empresa puede sufrir pérdidas debido a incumplimientos de pago por parte de sus acreitados y por otra parte, si el riesgo es sobrestimado, el mercado al cual tenga acceso el banco será extremadamente limitado, acarreado con ello que difícilmente pueda maximizarse el valor de la empresa.

Ahora bien, el riesgo involucrado en un préstamo por pagos no realizados, depende principalmente de información asimétrica (que bien podría llamarse desinformación) y/o deshonestidad por parte de los acreitados. La información asimétrica tiene fuentes de generación externas e internas.

De forma exógena la información asimétrica ocurre debido a que los acreitados conocen mejor su situación financiera que lo que un banco pudiere estimar mediante una solicitud de crédito, siendo entonces que, un banco puede evaluar incorrectamente la solicitud, ya sea, porque interpreta de forma errónea los datos recabados en dicha solicitud, o bien, por que el acreitado proporcionó datos incorrectos ya sea involuntariamente o con la intención de defraudar al banco en un futuro.

Lo anterior tiene como consecuencias desfavorables el que se acepten solicitudes de crédito de alto riesgo que a largo plazo pueden significar pérdidas para el banco, o bien, rechazar solicitudes de bajo riesgo que pudieron significar ganancias para el banco.

Por otra parte, la desinformación endógena se da cuando las personas responsables del otorgamiento de crédito no conocen claramente el propósito a largo plazo de la empresa y, como en el caso de crédito al consumo el cual produce ingresos por comisiones, motiva a estas personas a otorgar crédito a clientes con un alto riesgo con el objeto de generar ingresos a corto plazo por concepto de comisiones, sin considerar para ello que, en el largo plazo estos créditos elevarán la exposición al riesgo de la empresa, produciendo para ésta tanto reducciones en sus niveles de ingreso como pérdidas de capital.

La deshonestidad, aunada a lo anteriormente expuesto, obliga a los bancos a destinar recursos que minimicen la exposición al riesgo de la empresa, para ello efectúan acciones dirigidas a: 1) que todos los encargados de otorgamiento de crédito del banco reconozcan el propósito de la empresa; 2) una implementación de procedimientos, tanto automáticos como de criterio, que permitan evaluar correctamente el nivel de riesgo que presenta una solicitud de crédito y en que parámetro aceptarlo; y 3) tratar de detectar solicitudes de crédito que en un futuro posiblemente pudieran ser fraudulentas.

Esto es, la mejor forma para un banco de poseer una cartera sana de bajo riesgo, es aceptando el menor riesgo posible, de tal forma que se maximice el valor de la empresa sin disminución en el volumen de su negocio.

A continuación se analizará la tercer y última área a considerar por parte de un banco antes de destinar fondos a la adquisición de un activo, esta área considera lo

rentabilidad que el activo ofrece y que, principalmente, se adquiere este tipo de inversiones teniendo como único objetivo el generar ingreso.

Lo anterior se realiza después de haber sido satisfechas las condiciones de liquidez y seguridad, las cuales sientan las bases para que un banco sea sólido y estable, puesto que sin haber cubierto estas dos áreas cualquier banco que destine dinero a inversiones para generar ingreso corre el riesgo de sufrir pérdidas que acabarían con la existencia del negocio.

**Ingreso.** La última área que debe ser tomada en cuenta es el ingreso. El banco debe generar ingresos tal que los depositantes puedan recibir su interés, se cubran los gastos de operación, crezca la empresa y además, que los accionistas del banco obtengan dividendos, con lo cual se satisface la finalidad de la empresa.

Como se describió anteriormente el banco obtiene ingresos por la prestación de un servicio de intermediación, generándose intereses a quienes depositan fondos y cobrando intereses a través de inversiones o créditos otorgados, siendo la diferencia entre los intereses pagados y los intereses cobrados la fuente que representa una buena parte del ingreso para el banco, además de esto el banco tiene ingresos por aperturas, renovaciones, comisiones, recargos, etc.

El nivel de ingreso de un banco está fuertemente ligado con el nivel de liquidez del mismo, puesto que las condiciones de mercado implican que inversiones en activos líquidos de corto plazo otorguen una tasa de retorno menor que la que poseen aquellos activos líquidos a largo plazo (un ejemplo claro de esto son los rendimientos CETES cuya tasa a 28 días es menor que la tasa a 182 días), esto es, se paga un precio por obtener liquidez, donde el precio está representado por el diferencial entre las tasas de retorno; además existe otra fuerte dependencia de la inversión por parte del nivel de riesgo, ya que entre mayor es la tasa de retorno el riesgo que se afronta aumenta.

Los bancos tienen dos grandes áreas de inversión disponibles: préstamos y mercado de dinero. En el caso de préstamos el banco cubre la expectativa de ingreso y conoce el nivel de riesgo que otorga, sin embargo tiene dos posibles problemas, en el caso de préstamos a largo plazo existe la posibilidad que sean liquidados antes de su término, con lo cual el banco no necesariamente sería capaz de colocar esos fondos sobre la misma tasa de interés.

Por otra parte, existe el riesgo de la incertidumbre, puesto que se desconoce si los acreditados pagarán el adeudo. Por tanto, el otorgamiento de crédito tiene la ventaja de ser una fuente de ingreso, pero tiene las desventajas, por una parte de no ser líquido y por otra de que se desconoce si las promesas de pago serán cumplidas.

Las inversiones en el mercado de dinero generalmente son líquidas, pero si éstas se realizan en el mercado accionario tienen la característica de que su valor estará de acuerdo al riesgo del mercado, por tanto, el nivel de ingreso en el futuro será incierto y sólo se cumplirá con la condición de liquidez dado que las acciones pueden convertirse diariamente a dinero.

Más sin embargo, el nivel de riesgo del mercado accionario no es fácil de determinar debido al dinámico cambio que se da en los mercados y por otra parte el ingreso que se pudiera obtener es desconocida, aunque este último hecho no necesariamente representa una desventaja, pues no sólo se pueden obtener pérdidas sino también ganancias.

Si las inversiones se realizan en instrumentos de renta fija, éstas tienen la cualidad de contratarse a períodos cortos de tiempo (hasta un año como máximo), por lo que estos instrumentos ofrecen la gran ventaja de ser líquidos puesto que se conocen los plazos en que vencen los instrumentos, pero la desventaja es que no se generan ingresos suficientes por que las tasas de estos instrumentos son por lo general casi iguales que las que se ofrecen a los inversionistas.

Por otra parte, existe el riesgo de cambio en las tasas de interés ya que si éstas se elevan drásticamente se tiene una pérdida en el ingreso hasta que el dinero pueda ser reinvertido, sin embargo este tipo de riesgo puede también generar ganancias debido a una baja en las tasas de interés. Sin embargo, los bancos no tienen plena libertad para invertir en cualquier instrumento, ya que el destino que se da a los fondos obtenidos de depósitos está regulado en el Artículo 49 de la Ley de Instituciones de Crédito<sup>5</sup>.

En el siguiente cuadro se muestra el comportamiento observado de 1992 a 1995 en el margen financiero para las instituciones de banca múltiple.

**MARGEN FINANCIERO DE LA BANCA MÚLTIPLE 1992-1995<sup>1/</sup>**  
(millones de nuevos pesos)

Concepto \ Año	1992	1993	1994	1995
Intereses cobradas por cartera de crédito	54,934	71,373	81,205	155,681
Comisiones cobradas por cartera de crédito	4,519	4,834	5,054	2,403
Intereses cobrados por valores	15,335	16,190	20,751	59,507
Premios cobrados por reportos	4,937	7,757	6,429	11,082
<i>Ingreso financiero</i>	<u>79,725</u>	<u>100,153</u>	<u>113,439</u>	<u>278,672</u>
Intereses pagados	(44,044)	(55,550)	(63,132)	(156,406)
Comisiones pagadas a intermediarios	(152)	(181)	(729)	(839)
Premios pagados por reportos	(10,327)	(12,664)	(15,591)	(37,796)
<i>Costo financiero</i>	<u>(54,523)</u>	<u>(68,395)</u>	<u>(79,451)</u>	<u>(195,041)</u>
<b>Margen financiero</b>	<b>25,201</b>	<b>31,758</b>	<b>33,988</b>	<b>33,632</b>
Afectación provisiones de cartera de crédito	(3,853)	(7,211)	(10,294)	(17,731)
<b>Margen financiero ajustado por riesgo</b>	<b>21,348</b>	<b>24,547</b>	<b>23,694</b>	<b>15,900</b>

<sup>1/</sup> Para 1995 no se incluyen cifras de Unión, Creml, Banpaís, Banco Obrero, Banco de Oriente, Inverlat y Banco del Centro.

FUENTE: Boletín Estadístico de Banca Múltiple, tomo XLII, número 571, CNByV.

<sup>5</sup> Ley de Instituciones de Crédito, Título Tercero "De las operaciones", Capítulo I "De las reglas generales", Ley publicada en el Diario Oficial de 18 de Julio de 1990.

El cuadro anterior pone en relieve el criterio en la selección de inversión de anteponer la seguridad al ingreso, dado que el nivel de riesgo no sólo afecta a posibles quebrantos, sino también al ingreso mismo. Lo anterior se pone de manifiesto en el cuadro anterior al observar que aunque el cambio en el margen financiero para el último año no es significativo, el ajuste por riesgo, que se obliga legalmente a los bancos a realizar por provisiones de cartera de crédito reduce el margen financiero en más de un 50%.

Una vez analizadas las condiciones de inversión, es del interés de este trabajo considerar el otorgamiento de crédito, puesto que mediante este tipo de inversión se genera ingreso al nivel de riesgo que el banco desee aceptar, por lo cual es consecuente el describir los diversos tipos de crédito y los aspectos relacionados con su otorgamiento, en especial los créditos al consumo o personales, los cuales tienen las características de estar disponibles a un gran número de personas y de no estar destinados a que éstas tengan ganancias de los préstamos sino exclusivamente al consumo.

## 1.2 Créditos al consumo.

El desarrollo del comercio con su creciente estructura y expansión asociados a la necesidad del uso del crédito, conllevaron a que en un principio se otorgará un crédito sólo si existía una garantía, la cual normalmente se dejaba en custodia o bien inclusive como propiedad misma del prestamista.

De esta manera el prestamista que otorgaba un crédito se enfocaba a evaluar el bien que recibía en garantía y no el riesgo que el cliente implicaba puesto que era el bien mismo el que respaldaba el crédito; por otra parte, créditos cuyo pago no estuviera asegurado por algún bien sólo eran otorgados a potentados y reyes, a los cuales, por su condición o poder, no podía negárseles el crédito.

Lo anterior implicaba que la obtención de crédito para la mayoría de las personas sólo estuviera disponible en formas muy limitadas, siendo una de estas formas la casa de empeño, institución cuyas primeros antecedentes datan del año 1,200 d.C., operando de tal manera que no cobraban intereses por sus servicios, sino funcionando más bien como una institución de caridad.

Sin embargo, ya para el año 1,350 se establecieron en Europa casas de empeño que cobraban interés; en nuestros días aún se da el funcionamiento de las casas de empeño en gran parte de Europa y América Latina, las cuales prestan sobre casi cualquier prenda cobrando un "módico interés".

Ahora bien, el crédito al consumo<sup>6</sup> se ha desarrollado principalmente en este siglo debido al desarrollo mismo de la tecnología, ya que por parte de la oferta, la invención y producción de bienes de consumo duradero (automóviles, videograbadoras, televisores, etc.) ha aumentado las necesidades de crédito de la

---

<sup>6</sup> Sayers, R. S., *Modern Banking*, Oxford Clarendon Press 1960, quinta edición, página 176.

creciente clase media, siendo esta última conformada por los clientes habituales de un banco, los cuales dependen de un salario y pueden adquirir este tipo de bienes.

De tal forma se ha ido conformando el concepto de crédito al consumo hasta nuestros tiempos, que ahora, cubre muchas de las formas de comercio mediante las cuales un individuo obtiene dinero, bienes o servicios, tal que éstos no se adquieren con el objeto de lograr un ingreso de ellos (sólo se otorgan a personas físicas), sino para cubrir alguna necesidad específica, y por lo cual existe una promesa de pago del préstamo original o en su caso el pago por el bien o servicios adquiridos, además de un cierto cargo (interés), donde dicho pago deberá realizarse en alguna o algunas fechas futuras específicas.

Los bancos al tratar de ampliar sus servicios para satisfacer las necesidades de crédito de su clientela y con objeto de generar ingresos, realizan préstamos; ya que aunque este tipo de inversiones no poseen la cualidad de ser líquidas, puesto que no pueden convertirse fácilmente a dinero sin pérdida alguna, son el instrumento al que la mayor parte de la inversión se destina, ya que una buena cantidad de ingresos se generan mediante los intereses que se devengan del crédito.

Por otra parte, se acepta a voluntad el nivel de riesgo deseado por el banco, puesto que al otorgar un crédito se evalúa la posibilidad de repago que el cliente ofrece; de esta manera de las tres condicionales principales (liquidez, seguridad e ingreso) que dirigen la decisión de inversión se cumplen: mantener un nivel de riesgo (seguridad) y generar ingresos (ingreso) para el banco, salvaguardando de esta forma el dinero de sus depositantes.

De acuerdo con las condiciones contractuales en que un crédito se otorgue es susceptible de clasificarse en diversas categorías, así se tiene que, de acuerdo a la forma en que se pone a disposición del acreditado el dinero, un crédito se puede clasificar como simple (fijo) o en cuenta corriente (revolvente). Un crédito simple es

aquel en el que el banco pone a disposición del acreditado determinada cantidad de dinero, de la cual podrá disponer solamente una vez, teniendo por su parte que cumplir con montos específicos de repago en alguna o algunas fechas futuras.

Crédito en cuenta corriente es aquel en que el banco se obliga a poner una suma de dinero a disposición del acreditado, tal que ésta puede ser usada una o varias veces, pudiendo redisponeer de las cantidades que acredite<sup>7</sup> a su adeudo, de tal manera que el acreditado puede estar por siempre en deuda con el banco, por lo que esto implica un mayor riesgo, lo que ocasiona que el crédito en cuenta corriente sea más caro que el crédito simple, reflejándose el efecto en la tasa de interés que se cobra.

Por otra parte, según los requisitos que el banco solicita del acreditado para poder otorgar un préstamo, el crédito puede quedar establecido en el contrato como garantizado o no garantizado. Debido a que mediante el contrato legalmente se tiene un derecho sobre el bien en garantía hasta que el préstamo sea liquidado, el costo de estos préstamos suele ser menor a aquellos no garantizados. Lo anterior se deriva de que el riesgo que representa un préstamo con garantía es menor porque el bien en garantía representa una posible fuente de ingreso con la cual se pueden resarcir los pagos que un acreditado dejará de efectuar, el costo se refleja en la tasa de interés que se ofrece en este tipo de créditos ya que es menor que la ofrecida para un crédito no garantizado.

Un préstamo con garantía es aquel en que el banco tiene asegurado el pago del préstamo, ya sea sobre el bien que se está financiando (por ejemplo un auto o una vivienda), o bien teniendo como garantía o como colateral<sup>8</sup> otro bien que no este

---

<sup>7</sup> Normalmente los pagos se realizan mediante pagos mensuales, en una fecha no predeterminada, y por un monto mínimo equivalente a un cierto porcentaje del saldo que presente la cuenta.

<sup>8</sup> Colateral: artículo de valor, tangible o intangible, que suministra el deudor como una fuente real de ingresos que aseguran la promesa de pagos futuros, tal que el prestamista puede poseer el colateral si el préstamo no es pagado (es usual recibir colaterales por un importe mayor al crédito otorgado).

relacionado con el propósito al que se destina el préstamo (ya sea pagaré, bien inmueble, adquisición de un certificado de depósito, automóvil, etc.).

Aunque existe gran diversidad en los tipos de crédito al consumo ofrecidos por los bancos en México, los más comunes y en los que por su generalidad se pueden enmarcar los demás, son los siguientes:

1. Crédito hipotecario.- es aquel tipo de crédito que un banco otorga a un individuo con el fin de que éste obtenga un bien inmueble o destine el crédito a obras o mejoras del mismo, quedando como garantía la hipoteca<sup>9</sup> del bien inmueble, asimismo el acreditado está obligado a reintegrar al banco las sumas de que dispuso y a pagarle los intereses, gastos y comisiones estipuladas en el contrato.

Los bancos acostumbran invertir en préstamos (activos) a largo plazo sólo si los depósitos (pasivos) que reciben son a largo plazo: la tasa con la que se calculan los intereses del préstamo suele ser de las más bajas que un banco ofrece ya que, como tiene por garantía del préstamo a la vivienda, esto implica un riesgo menor, por lo que la tasa para este tipo de créditos suele ser preferencial, esto es, la más baja en el mercado crediticio.

2. Crédito de liquidez con garantía hipotecaria.- La principal característica de este tipo de préstamos es que pueden ser utilizados para cualquier propósito, y que están garantizados por una vivienda, siendo este último hecho el que los hace muy atractivos para los acreditados ya que los bancos cobran una tasa menor de interés sobre créditos garantizados.

---

<sup>9</sup> "Hipoteca: garantía real constituida sobre bienes inmuebles que no se entregan al acreedor y que da derecho a este, en caso de incumplimiento de la obligación garantizada a ser pagado con el valor de los bienes, en el grado de preferencia establecido por la ley." Código civil.

Por otra parte, este tipo de créditos resulta también atractivos para los bancos, por el hecho de que son contratados a tasa variable, lo que implica que cualquier crecimiento en las tasas del mercado incidirá en un mayor pago por intereses por parte del acreditado, aumentando con ello el nivel de ingreso del banco.

3. Crédito para automóvil.- el objetivo de estos créditos es que el banco financie al acreditado la adquisición de un automóvil, teniendo a este último como garantía; sin embargo aunque el crédito está garantizado, es un crédito caro pues la tasa de interés es variable ya que el riesgo que representa este tipo de créditos es alto. esto es debido a que los altos precios de los automóviles obligan periodos de repago de 3 a 4 años, y siendo que al término del contrato el valor del automóvil es menor a los pagos que restan por efectuar, lo cual incide en la voluntad de pago por parte del acreditado.
  
4. Tarjeta de crédito.- este tipo de crédito se ha convertido en el más usual por su conveniencia, ya que por una parte es aceptado en la mayoría de los comercios y por otra, desde 1970 las empresas manejadoras de tarjetas de crédito como Master Card y Visa han realizado una fuerte promoción agregando servicios como cobertura de seguros, asistencia médica y legal, servicios de viajes, reservaciones garantizadas, etc.

Por otra parte, las tarjetas de crédito son extremadamente atractivas para un banco ya que representan tres fuentes de ganancias: los cargos anuales que son cobrados por la posesión de la tarjeta al acreditado, los cargos financieros (intereses) sobre el saldo promedio mensual, y descuentos a comercios cuando estos depositan sus recibos, ya que el cargo varía del 1% al 6% sobre el valor del depósito dependiendo del número de recibos y el monto depositado.

Las tasas de interés para las tarjetas de crédito son las más altas del mercado, debido a que son créditos de tipo revolvente y sin garantía, por lo que representan

un riesgo muy elevado; además existe una alta incidencia de fraude con tarjetas de crédito, tal que los costos implícitos en que se incurre por dichos fraudes son traspasados a los tarjeta habientes cumplidos en forma de tasas más altas de interés, por otra parte, el personal requerido para generar estados de cuenta mensuales, recibir quejas o aclaraciones, y realizar funciones de cobranza es mucho mayor que en otros tipos de crédito, con lo que se eleva aún más el costo de este tipo de crédito.

A continuación se muestra una tabla que resume las características de los créditos dirigidos al consumo más usuales; de ella cabe resaltar que el orden en que se encuentran es del nivel de riesgo más bajo al más alto, así se tiene que un crédito simple y garantizado, como lo es el hipotecario, representa un nivel menor de riesgo que un crédito revolvente no garantizado como lo es la tarjeta de crédito, siendo este nivel de riesgo el que incurre en el costo del crédito, ya que, entre mayor es el riesgo que se acepta mayor es la tasa de interés que se cobra.

Sin embargo, en los créditos al consumo, el nivel de riesgo que se considera para definir las tasas de interés sólo está en función del crédito per se y no del riesgo que representa el acreditado puesto que para créditos iguales las tasas son iguales sin importar quien sea el acreditado, lo anterior debido al volumen que manejan y en el cual no diferencian el tratamiento entre acreditados.

Y siendo que es el riesgo que representa el acreditado el que determina la probabilidad de obtener el dinero de vuelta para el banco, es este último quien debe evaluar que nivel de riesgo desea aceptar cuando un crédito le es solicitado. Es por ello que entre mayor cuantía se solicite para un crédito, mayores deben ser los requisitos a ser requeridos para concederlo.

## TIPOS DE PRESTAMO AL CONSUMO

Riesgo Tasa	Tipo de préstamo	Propósito del préstamo	Garantía	Términos usuales
<b>AUMENTA</b>  <b>AUMENTA</b>	Crédito Hipotecario	Financiar la obtención de una vivienda	Garantizado por la hipoteca de la vivienda a financiar	Préstamo hasta por el 100% del valor de la vivienda, con pagos mensuales a un plazo de 20 o 30 años
	Crédito de liquidez con garantía hipotecario	Sin propósito específico	Garantizado por la hipoteca de una vivienda	Préstamo hasta por el 80% del valor de la vivienda, con pagos mensuales a un plazo máximo de 10 años
	Crédito para automóvil	Financiar la obtención de un automóvil	Garantizado por el automóvil a financiar	Préstamo hasta por el 100% del valor del automóvil, con pagos mensuales a un plazo de 3 o 4 años
	Tarjeta de crédito	Uso ilimitado	No garantizado	Línea de crédito revolvente que requiere un pago mensual mínimo

En el siguiente cuadro se muestra la tendencia durante que 1992 a 1995 ha presentado la composición de créditos al consumo otorgados por la banca múltiple en México; periodo en el que es notoria la preferencia de los banca por colocar préstamos garantizados, por lo que cabe destacar el notable crecimiento observado

en los rubros correspondientes a créditos asegurados con alguna garantía o colateral como lo son los *préstamos para la vivienda* y los *créditos con garantía inmobiliaria*.

#### CREDITOS AL CONSUMO OTORGADOS POR LA BANCA MULTIPLE <sup>1/</sup>

(millones de nuevos pesos)

CONCEPTO \ AÑO	1992	1993	1994	1995
Préstamos para la vivienda	47,894.7	70,300.3	92,981.7	114,269.0
Créditos con garantía inmobiliaria	3,592.1	5,024.1	5,050.4	4,946.5
Bienes de consumo duradero	8,703.3	7,400.5	6,838.2	2,975.8
Tarjetas de Crédito	24,776.7	24,735.0	26,133.9	21,298.2
Préstamos personales	1,353.8	1,481.4	1,308.2	302.9
<b>TOTAL</b>	<b>86,320.6</b>	<b>108,941.3</b>	<b>132,312.4</b>	<b>143,792.4</b>

<sup>1/</sup> Para 1995 no se incluyen cifras de Unión, Crami, Banpaís, Banco Obrero, Banco de Oriente, Inverlat y Banco del Centro.

FUENTE: Boletín Estadístico de Banca Múltiple, tomo XL, número 571, CNByV.

Cabe mencionar que el decremento sufrido (excepto en préstamos para la vivienda) entre los años 1994 y 1995 fue ocasionado por la fuerte crisis económica en el país, la cual tuvo como efecto por parte de la oferta que, la preferencia de los bancos se inclinara a evitar el otorgamiento de créditos que no estuvieran garantizados, esto último por el alto riesgo que representaban este tipo de créditos en el caso de que incurrieran en incumplimiento de pago, mientras que, por parte de la demanda, los consumidores dirigieron su preferencia a evitar el uso del crédito revolvente que les había sido otorgado en sus tarjetas de crédito y préstamos personales, debido a las altas tasas de interés que se cobraron durante este lapso.

Ahora bien cabe mencionar que aunque el crédito al consumo es de uso extenso en nuestros días, en nuestro país este último se encuentra concentrado en las pocas instituciones de crédito cuyos niveles de organización hacen posible manejar

eficientemente un gran volumen de acreditados, esto es en extremo evidente desde que tres bancos mexicanos concentran casi tres cuartas partes del mercado de crédito al consumo, tal como lo muestra el siguiente cuadro:

COLOCACION DE LOS PRINCIPALES BANCOS DURANTE 1995 <sup>1/</sup>

CONCEPTO \ BANCO	BANAMEX	BANCOMER	SERFIN	OTROS
Préstamos para la vivienda	27.4 %	30.3 %	13.8 %	28.4 %
Créditos con garantía inmobiliaria	60.5 %	6.6 %	20.8 %	12.1 %
Bienes de consumo duradero	13.4 %	45.3 %	20.0 %	21.3 %
Tarjetas de Crédito	32.6 %	28.4 %	19.6 %	19.3 %
Préstamos personales	30.0 %	0.4 %	7.8 %	61.8 %
TOTAL DEL MERCADO	29.1 %	29.5 %	15.1 %	26.4 %

<sup>1/</sup> No se incluyen banco Unión, banca Cremi, Banpaís, Banco Obrero, Banco de Oriente, Inverlat y Banco del Centro.

FUENTE: Boletín Estadístico de Banca Múltiple, tomo XLI, número 571, CNByV.

Y mientras permanezcan las condiciones existentes para un mercado de competencia, la empresa del crédito al consumo será eficiente cuando los mencionados tipos de crédito puedan estar disponibles con amplitud a la mayor parte de personas, y cuando la existencia por parte de la oferta genere una verdadera competencia, puesto que únicamente de esta forma el costo de este tipo de créditos se reducirá considerablemente.

En el siguiente capítulo se analizarán cuales son los principales criterios que las organizaciones de crédito realizan para otorgar un crédito.

## II. Evaluación del riesgo en créditos al consumo

### Introducción.

Los bancos deben realizar préstamos de bajo riesgo debido a que no es su dinero el que están prestando, sino el de sus depositantes, razón por la cual el banco debe realizar un proceso de decisión conocido como análisis de crédito en donde se decide si se debe o no otorgar un crédito; este proceso de decisión implica la evaluación tanto de la posibilidad de que el préstamo sea pagado en su momento así como la calidad crediticia del posible deudor.

Ya que el banco debe tomar su decisión basado en el riesgo que representa una solicitud de crédito, el análisis de crédito se convierte en una herramienta que tiene como propósito fundamental el determinar el riesgo que el posible deudor representa, y tomando en cuenta que el banco es una entidad adversa al riesgo, elegir la opción de otorgar o no un crédito.

Siendo entonces la solicitud de crédito quien representa la fuente principal que proporciona los elementos necesarios en cuanto a información para poder realizar el análisis de crédito y con base a éste determinar el riesgo de que el banco obtenga el pago del préstamo y el riesgo de que se de el pago en el tiempo acordado, también si el solicitante tiene el nivel de ingreso suficiente para poder solventar el préstamo y si es que tiene una historia crediticia, cual ha sido su comportamiento en anteriores préstamos.

## 2.1 Evaluación del riesgo.

Dado que el objetivo último y a largo plazo de un banco es maximizar su valor como empresa, se tiene para ello que maximizar el volumen y calidad del portafolio de préstamos que se posee, esto es, para cada cliente deben ser óptimas tanto las ganancias asociadas con él, así como la relación de servicio, ya que si el valor individual de los clientes no se maximiza tampoco lo hará el valor de la empresa.

El banco debe evaluar el otorgamiento de crédito tomando en cuenta que, un crédito se realiza con el único propósito de obtener ganancias y tiene como objetivo satisfacer la necesidad de fondos por parte del cliente, donde dichos fondos deben ser restituidos en forma oportuna, y para tener una expectativa de que los fondos sean restituidos se debe evaluar el riesgo que representa cada crédito en particular, pues de ello depende que regresen los fondos al banco.

Ahora bien, debido a que no todos los préstamos son pagados, es inherente que para cada préstamo existe la posibilidad de que no sea pagado, lo cual se significa como el riesgo de crédito; dicho riesgo de crédito debe ser evaluado para cada préstamo en particular tal que se otorguen sólo aquellos que tienen un nivel de riesgo tan bajo que entre una gran población, permitan la maximización del banco.

Así es que el problema central del otorgamiento de crédito radica no sólo en la correcta evaluación del riesgo de una solicitud sino también en el conocimiento del máximo nivel de riesgo que el banco desea y debe aceptar, esto es, si el riesgo es subestimado o el nivel de riesgo inferior al óptimo aceptable el banco se encontrará en problemas debido a la excesiva ocurrencia de incumplimiento de pago por parte de los acreditados; por otra parte, si el riesgo es sobreestimado o el nivel de riesgo aceptable superior al óptimo, el otorgamiento de crédito será muy selectivo y pocas personas tendrán acceso a préstamos por lo que difícilmente se podrá lograr la maximización de la rentabilidad del banco.

Tradicionalmente el acceso a créditos al consumo era muy limitado ya que la evaluación del riesgo para el otorgamiento de crédito se realizaba con base al juicio de los analistas de crédito, los cuales evaluaban personalmente al individuo solicitante y de acuerdo a su criterio determinaban si el individuo representaba o no un riesgo aceptable para el banco, con lo que se tenía una evaluación subjetiva del riesgo que el cliente representaba.

Sin embargo, este proceso concentraba varios problemas, entre ellos el estar sujeto a inconsistencias propias del comportamiento humano (ej. riesgos similares se evaluaban de forma distinta), el no poder manejar un gran volumen, y sobre todo, mediante esta evaluación subjetiva se etiquetaba a una solicitud como "buena" o "mala" desconociendo así el banco el nivel de riesgo que estaba aceptando en una solicitud y por ende, del riesgo de su portafolio de préstamos.

Además, el costo del préstamo depende del riesgo que se está absorbiendo, causa por la que el análisis tradicional de evaluación era más costoso para el banco, desde que para un mismo tipo de préstamo, los riesgos que los acreditados representan no son iguales, y entonces los acreditados cuyo riesgo era menor al nivel de riesgo del portafolio en su conjunto tenían que pagar el costo del riesgo de aquellos acreditados cuyo nivel de riesgo estaba por encima del nivel de riesgo del portafolio, lo anterior tenía como consecuencia que el riesgo del portafolio aumentará.

Es por ello que, para poder evaluar correctamente el riesgo de una solicitud de crédito y a su vez determinar el nivel de riesgo a aceptar en el portafolio de préstamos, es necesario cuantificar el riesgo de una manera objetiva, de tal manera que cubra las premisas de establecer un criterio único de evaluación de créditos, con lo cual se eliminan las inconsistencias y se conoce el nivel de riesgo que se acepta, optimizando así el portafolio de préstamos de modo que se maximice el valor del banco.

Por lo que, al establecer un método de evaluación del riesgo que permita tomar una decisión adecuada en lo referente a otorgar o no un crédito, también se debe considerar cuanto se debe cobrar por el riesgo que se está absorbiendo, desde que el otorgar una unidad monetaria en préstamo debe incluir el costo del dinero con el paso del tiempo y también el costo del riesgo en caso de que el préstamo no se cubriera o los gastos que se tuvieran que realizar para poder lograr su cobro.

Siendo así que, el precio de una unidad monetaria otorgada en crédito para que sea rentable, sin considerar costos administrativos y de operación, está constituido por  $i$ , tasa que refleja el cambio del valor del dinero en el tiempo y por  $P(x)$ , riesgo del crédito expresado como la probabilidad de que el préstamo no sea pagado y de los costos posibles que se pueden ocasionar para su cobro, un modelo propuesto<sup>1</sup> que toma en cuenta las anteriores consideraciones es el siguiente:

Sea  $j$  la tasa rentable que se debe cobrar,  $i$  tasa que representa el cambio en el valor del dinero con el paso del tiempo y  $p$  la prima a cobrar por el riesgo de que el préstamo de una unidad monetaria no sea cobrado y el reembolso estimado de los gastos en que se pudiera incurrir para su cobro, se tiene que

$$j = i + p \quad (2.1.1)$$

o bien, ya expresado en unidades monetarias  $C$

$$C(1 + j) = C(1 + i + p) \quad (2.1.2)$$

se reexpresa  $p$  en términos probabilísticos, tal que  $P(x)$  represente la probabilidad de que no se pague el préstamo, se tiene

$$p = P(x) \cdot (1 + j) \quad (2.1.3)$$

---

<sup>1</sup> Flanery, Mark J., *Handbook for banking strategy*, Jhon Wiley 1985, páginas 457-472.

y sustituyendo en la ecuación (2.1.2)

$$1 + j = 1 + i + P(x) \cdot (1 + j) \quad (2.1.4)$$

$$(1 + j) \cdot (1 - P(x)) = 1 + i \quad (2.1.5)$$

$$1 + j = \frac{1 + i}{1 - P(x)} \quad (2.1.6)$$

siendo esta última ecuación la que representa el costo del préstamo para cada unidad monetaria, para que el préstamo sea rentable.

Por otra parte,  $P(x)$  contiene la información del riesgo que representa cada préstamo, por lo que, es necesario determinar el valor máximo de  $P(x)$  que se debe de aceptar, tomando en cuenta que, el evaluar correctamente la exposición al riesgo y la prima a cobrar para un determinado crédito no implica que éste se tenga que otorgar sino que sirve para determinar que créditos se otorgan y cuales se rechazan.

Desde que la cuantía en cada préstamo es diferente se tiene que el nivel de riesgo del portafolio en su conjunto será menor o igual que el nivel de riesgo que se estableció como máximo a aceptar, lo cual se demuestra a continuación.

Se tiene que para cada  $k$  préstamo el riesgo está determinado, despejando de (2.1.6), por la siguiente ecuación

$$P(x_k) = 1 - \frac{1 + i}{1 + j_k} \quad (2.1.7)$$

y al considerar  $C_i$  la suma de los capitales otorgados en cada préstamo  $k$ , tal que

$$C_t = \sum_{k=1}^n C_k \quad (2.1.8)$$

se tiene el riesgo expresado en capital de la siguiente ecuación, con  $P(x_t)$  riesgo total del portafolio

$$C_t P(x_t) = C_1 P(x_1) + C_2 P(x_2) + \dots + C_n P(x_n) \quad (2.1.9)$$

y reexpresando, de acuerdo a la ecuación (2.1.7), las probabilidades de cada crédito se tiene

$$C_t P(x_t) = C_1 \left( 1 - \frac{1+i}{1+j_1} \right) + C_2 \left( 1 - \frac{1+i}{1+j_2} \right) + \dots + C_n \left( 1 - \frac{1+i}{1+j_n} \right) \quad (2.1.10)$$

$$C_t P(x_t) = \sum_{k=1}^n C_k - \sum_{k=1}^n C_k \left( \frac{1+i}{1+j_k} \right) \quad (2.1.11)$$

de la ecuación anterior se obtiene el riesgo del portafolio expresado en términos de probabilidad

$$P(x_t) = \frac{\sum_{k=1}^n C_k - \sum_{k=1}^n C_k \left( \frac{1+i}{1+j_k} \right)}{C_t} \quad (2.1.12)$$

y simplificando de acuerdo con la ecuación (2.1.8) se obtiene

$$P(x_t) = 1 - \frac{1+i}{C_t} \sum_{k=1}^n \left( \frac{C_k}{1+j_k} \right) \quad (2.1.13)$$

ahora bien, al establecer  $P(x_m)$  una cota superior para el riesgo máximo a aceptar, tal que para cada crédito lo peor que pudiera pasar es obtener el riesgo  $P(x_m)$ , que expresado en términos de desigualdad queda como sigue

$$P(x_m) \geq P(x_k) \quad \forall k \quad (2.1.14)$$

y dada la cota superior  $P(x_m)$  en términos de la ecuación 2.1.7 se tiene la siguiente relación de desigualdad

$$1 - \frac{1+i}{1+j_m} \geq 1 - \frac{1+i}{1+j_k} \Rightarrow j_m \geq j_k \quad (2.1.15)$$

por lo que, al utilizar la ecuación (2.1.13), tanto para el riesgo del portafolio  $P(x_t)$  como para el riesgo máximo establecido  $P(x_m)$ , y comparando a ambos, término a término, se desprende de la ecuación (2.1.15), que

$$P(x_t) = 1 - \frac{1+i}{C_t} \sum_{k=1}^n \left( \frac{C_k}{1+j_k} \right) \leq P(x_m) = 1 - \frac{1+i}{C_t} \sum_{k=1}^n \left( \frac{C_k}{1+j_m} \right) \quad (2.1.16)$$

ya que cada término en la suma que involucra  $j_k$  es mayor que el cociente que involucra a  $j_m$ , por lo que, como se quería demostrar, se verifica la desigualdad

$$P(x_t) \leq P(x_m) \quad (2.1.17)$$

la cual expresa que dado  $P(x_t)$  riesgo total del portafolio, éste siempre será menor o igual a  $P(x_m)$  riesgo máximo a aceptar.

Esto implica que, para el conocimiento del riesgo que un banco enfrenta, éste debe de evaluar correctamente  $P(x)$  el riesgo de cada crédito, y con base a él determinar cuales créditos deben otorgarse y cuales no con base a  $P(x_m)$  riesgo máximo a aceptar, pues de ello depende  $P(x_t)$  el riesgo total del portafolio que el banco desee afrontar.

Y más aun desde que cada uno de los créditos otorgados contribuye al riesgo del portafolio total  $P(x_i)$  en una cantidad distinta de acuerdo al monto del préstamo y a su propia probabilidad de incumplir con el préstamo, también es justo que a cada uno de los créditos se les cargue una prima adicional  $q$  de acuerdo al riesgo que aportan al portafolio, para que de esta manera el costo del préstamo considere el riesgo del capital otorgado tal que a créditos de montos pequeños no se les castigue con el riesgo del capital otorgado a los préstamos de mayor cuantía.

Entonces la prima  $p$  que representa el riesgo de incumplimiento compensará al prestamista por la pérdida esperada en el préstamo, pero como ésta se evalúa solamente con base al crédito de manera aislada, es decir, sin considerar el efecto del préstamo sobre el portafolio en su conjunto, es necesario que por ello, según la teoría del portafolio, se agregue a la evaluación la relación del préstamo contra el portafolio en su conjunto la prima  $q$ .

De esta manera se justifica que el prestamista deba recibir una compensación por el riesgo que se asume en el portafolio, esta prima  $q$  por riesgo del portafolio depende del grado de aversión al riesgo del prestamista, entre más grande la aversión al riesgo mayor será la prima a cobrar.

Supóngase que el prestamista es neutral al riesgo, lo que implica que la prima  $q$  que se desea para compensar el riesgo en el portafolio en su conjunto es 0, sin embargo, según la teoría del portafolio cada acreditado debe compensar el riesgo que aporta al portafolio con una prima  $q$  correspondiente a dicho riesgo, de tal manera que  $q$  puede ser positiva o negativa, pero la suma de todas las primas es igual a cero. O bien, el prestamista deberá establecer la prima que desea obtener según el grado de aversión al riesgo que posea, con lo cual cada crédito deberá aportar una parte proporcional de la prima según el riesgo que aporta al portafolio.

Es entonces que la fórmula justa que representa el costo de una unidad monetaria que se debe cobrar en un préstamo y que considera el cambio en el valor del dinero en el tiempo (representado por  $i$  tasa de interés), como el riesgo de incumplimiento de pago (el cual se cubre con la probabilidad de incumplimiento  $P(x)$ ), y el efecto marginal del riesgo que el préstamo en lo individual aporta al portafolio en su conjunto (prima  $q$  que depende del grado de aversión al riesgo), se considera en la siguiente fórmula:

$$1 + j = \frac{1 + i}{1 - P(x) - q} \quad (2.1.18)$$

de tal manera que  $q$  representa la prima a cobrar por la incertidumbre acerca de la probabilidad de pago  $P(x)$ .

De tal manera que la proposición de teoría del portafolio consiste en diversificar el portafolio en lugar de ejercer préstamos especializados en algún sector, desde que los préstamos no generan ganancias adicionales ya que los acreditados nunca pagan más del monto al que se han comprometido, por el contrario, algunas veces pagan menos que lo especificado en el contrato de crédito, siendo estos casos los que generan las pérdidas.

Y aunque la probabilidad de pago es la fuente del riesgo de un crédito, la variabilidad de las pérdidas por dicho riesgo puede ser reducida al desagregar el capital que se presta en un gran número de acreditados independientes entre sí, más aún, según la expresión propuesta en (2.1.18) al acreditado que concentra mayor parte de capital del portafolio en su préstamo agrega más riesgo al portafolio, por lo que en la misma proporción, el costo de su crédito aumenta dependiendo del grado de aversión al riesgo del prestamista.

Sin embargo evaluar correctamente el costo a cobrar por cada unidad monetaria otorgada en préstamo no implica necesariamente que el crédito tenga que otorgarse, pues de nada sirve que el precio sea el correcto si éste no va a ser pagado, es decir, el punto principal de interés no consiste en valorar correctamente el costo del crédito sino el riesgo  $P(x)$  máximo a aceptar en cada solicitud de crédito, para el cual se maximiza el valor de la empresa y se minimizan las pérdidas.

Es por tanto natural que los esfuerzos de un banco estén orientados primeramente en el crédito al consumo a obtener información relevante correspondiente a las solicitudes de crédito, para de dicha información inferir con base a la experiencia obtenida, la probabilidad de pago  $P(x)$  de cada solicitud y bajo la estrategia y objetivos del banco, establecer  $P(x_i)$  cota máxima de riesgo a aceptar para cada préstamo.

Es por ello que en el siguiente subtema se analizará la información que los bancos solicitan de los posibles acreditados, para con base a ella determinar cuando es factible otorgar o no un crédito, de acuerdo a las preferencias de aversión al riesgo y políticas del banco.

## 2.2 Análisis de crédito.

Los anteriores cuestionamientos que consideran el cambio del valor del dinero con el paso del tiempo y la probabilidad de pago del crédito son suficientes para valorar el costo del crédito, por otra parte, cuando es conveniente o no otorgarlo, se resume en el análisis de los dos conceptos siguientes, la voluntad para pagar el crédito por parte del deudor y su capacidad económica para hacerlo, lo anterior se da ya que existe gente con la capacidad de pagar sus préstamos pero no tienen la voluntad de hacerlo y viceversa.

Así que, para otorgar un crédito se deben garantizar que se cumpla que el acreditado tenga la voluntad para pagar el crédito y la capacidad para hacerlo, sin embargo, el primer concepto es subjetivo ya que "voluntad para pagar un préstamo" no puede ser medido; más aún, la capacidad económica aunque puede ser medida, sólo será válida para el momento de su evaluación y deberá ser continuamente monitoreada para poder establecer el posible comportamiento de los créditos.

Ahora bien, tradicionalmente los conceptos anteriores han sido evaluados por el análisis de crédito, en especial en los crédito al consumo debido a su gran volumen mediante la solicitud de crédito, bajo las características<sup>2</sup> representadas por las "C" que varían de tres a cinco y que según su orden de importancia son:

1. Carácter (honestidad).- bajo la premisa de que las personas honestas están dispuestas a pagar sus deudas. El carácter se refiere a la voluntad y deseo de un deudor de cumplir las obligaciones contraídas, esto involucra hasta cierto punto la estabilidad de el deudor como persona, siendo elementos de medición de la

---

<sup>2</sup> Sinkey Jr. Joseph F., *Comercial bank financial management*, Macmillan Publishing Company 1986 segunda edición, páginas 406-408; The New England Banking Institute, *Fundamentals in banking*, Gian Press 1991 segunda edición, páginas 150-153.

estabilidad, el tiempo que ha permanecido en su trabajo y el tiempo que lleva viviendo en la misma dirección.

Sin embargo, debido al orden subjetivo de esta característica, es la más difícil de evaluar, pero las aproximaciones usuales que se acostumbra realizar para dicha medición provienen tanto de la historia que el solicitante ha tenido con créditos en el pasado, como de referencias personales sobre el carácter del solicitante, así como un juicio establecido por algún empleado del banco basado en una entrevista que sostenga con el solicitante.

2. **Capacidad (flujo de caja).**- Esta característica se refiere al ingreso neto del solicitante; esto es, a su ingreso bruto hay que descontar los gastos mensuales que éste realiza por conceptos tales como impuestos, pagos por otras deudas, gastos por manutención de dependientes económicos, pago de servicios (agua, luz, gas, teléfono), etcétera.

Y ya que esta información es recopilada de los datos contenidos en la solicitud de crédito, de la confiabilidad de ésta y de su verificación depende la exactitud en el análisis que se pudiera tener, pues los datos pueden ser erróneas, debido a que el solicitante los falsea con intenciones fraudulentas o bien por alguna omisión involuntaria al llenar la solicitud.

3. **Capital (salud económica).**- El capital está representado por los ahorros, inversiones y bienes del solicitante, a los cuales este último podría recurrir para servir el préstamo, si por alguna razón su nivel de ingreso se deteriorara o tuviera gastos extraordinarios, y aunque estos activos no necesariamente representan una garantía para el banco, son en gran medida indicadores de hasta que monto puede ser requerido el deudor en caso de incumplimiento.

Es por ello que, para poder conocer la posición económica del solicitante se le requiere en la solicitud de crédito que proporcione los datos correspondientes a su cuenta de cheques, su cuenta de ahorros, y de los bienes inmuebles que éste tenga, los cuales en otros países como Estados Unidos normalmente se verifican en su autenticidad en empresas llamadas Buró de Crédito; en México éste tipo de empresas es de nueva creación y en la actualidad sólo existe una llamada Datum.

4. **Colateral (reducción del riesgo).**- El colateral, como se vio anteriormente, sirve para garantizar el pago del préstamo, y su propósito consiste únicamente en fortalecer el préstamo basado en la reducción del nivel riesgo, puesto que el valor de los activos que el solicitante desee poner a disposición del banco para garantizar el préstamo, representa una posible fuente de ingreso mediante la cual el banco puede resarcir el préstamo en caso de que se incurra en incumplimiento de pago.
  
5. **Condicionalidad (sensibilidad ante cambios económicos).**- Está última característica trata de evaluar la vulnerabilidad del solicitante ante posibles cambios del entorno económico, sobre todo, cuando el préstamo se contrata con tasa de interés variable, siendo entonces que, el banco debe enfocarse a construir cual sería el peor escenario en el que la capacidad y voluntad del acreditado para pagar se mantendrían satisfactorias ante alzas en las tasas de interés.

Es así que las características de cada persona que solicita un crédito deben ser evaluadas con criterios uniformes acordes con los intereses generales del banco, siendo la solicitud de crédito la primera fuente a disposición para realizar esta evaluación y mediante la cual se puede tomar una decisión de otorgar o no un crédito, de acuerdo con las políticas de la institución.

En consecuencia, los datos requeridos en la solicitud de crédito deben estar relacionados con las características "C" (Carácter, Capacidad, Capital, Colateral, Condicionalidad), mencionadas anteriormente, o al menos deben proporcionar los

elementos necesarios para poder tomar una decisión de otorgamiento de crédito, es así que comúnmente, como lo muestra la siguiente tabla<sup>1</sup>, las solicitudes de crédito contienen variables relacionadas con las características "C".

Empleo	Capacidad, Carácter, Condicionalidad
Ingreso	Capacidad
Deudas, gastos, obligaciones, dependientes	Capacidad
Cuentas Bancarias	Capital
Propiedades (bienes raíces)	Carácter, Capital
Créditos anteriores	Carácter

<sup>1</sup> The New England Banking Institute, *Fundamentals in banking*, Ginn Press 1991 segunda edición, página 152.

### III. Construcción de un modelo de evaluación de riesgo mediante estadística multivariada

#### Introducción.

Como se vió en el capítulo anterior, construir un modelo que evalúe individualmente el nivel de riesgo, trae asociadas costos elevados que imposibilitan llevar la teoría a la práctica, de manera que, en este capítulo se presenta un modelo basado en técnicas de estadística multivariada el cual, si bien su implantación es de bajo costo, tiene que cumplir varios requisitos.

La técnica de clasificación parte del hecho de que el futuro próximo será parecido al pasado reciente, esto es, las predicciones de clasificación del futuro están referidas al conocimiento del pasado, sin embargo, si esta condición no se cumpliera debido a variaciones en el mercado de crédito (cambios en las hipótesis de tasas de inflación, interés, desempleo, etc.) las predicciones contendrían un alto porcentaje de error, sin embargo, la técnica de clasificación es suficiente para agrupar las solicitudes de crédito en los conjuntos de créditos a otorgar y de solicitudes a rechazar.

### 3.1 Clasificación.

La técnica de estadística multivariada conocida como clasificación se refiere a colocar nuevas observaciones a conjuntos definidos previamente, donde cada observación posee  $n$  variables  $x_i$  que transformadas a una variable  $y_i$  la definen como perteneciente a alguno de los conjuntos definidos.

Siendo entonces que, la meta de clasificación consiste en ordenar observaciones en dos o más conjuntos de acuerdo a ciertas características (variables  $x_i$ ) que los hacen comunes a dichos conjuntos (los cuales han sido definidos a priori), tal que el objetivo principal se convierte en determinar una regla (la transformación a variables  $y_i$  que indiquen pertenencia a algún conjunto) que pueda ser usada para asignar en forma óptima las nuevas observaciones al conjunto que correspondan.

En lo que concierne al objetivo de esta tesis, la técnica de clasificación será referida a sólo dos grupos de créditos, uno que ha mostrado un comportamiento satisfactorio (que representa posibles ganancias para el banco) y otro con un comportamiento insatisfactorio (que representa posibles pérdidas para el banco). Así que como primer punto será necesario definir a cada uno de estos conjuntos, de tal manera que la etiqueta de satisfactorios o insatisfactorios sea trasladada a términos más objetivos y precisos que puedan ser llevados a un modelo matemático capaz de implementarse en un algoritmo de computación.

Cada clasificación dependerá de la aversión al riesgo de cada otorgante de crédito y será definida de acuerdo a su forma de operación de cuando considera un crédito un buen negocio y cuando no, por dar un ejemplo se muestra una clasificación<sup>1</sup> propuesta para créditos revolventes:

---

<sup>1</sup> Lewis, Edward M., *An introduction to credit scoring*, The Athena Press 1992 segunda edición, páginas 38 - 40

Créditos satisfactorios	Créditos insatisfactorios
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con antigüedad de al menos 10 meses en libros; y</li> <li>• Actividad en seis de los últimos 10 meses; y</li> <li>• Compras de más de US\$ 50 en al menos tres de los últimos 24 meses; y</li> <li>• No más de 30 días sin pagar en los últimos 2 años</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin pagar desde que se abrió la cuenta; o</li> <li>• Sin pagar durante 60 días en tres de los últimos doce meses; o</li> <li>• Sin pagar durante 90 días o más en cualquier momento del tiempo; o</li> <li>• Con disposiciones en crédito menores de US\$ 50 en los últimos 24 meses</li> </ul>

Como es de observar, los atributos que hacen a una cuenta satisfactoria o insatisfactoria pueden variar dependiendo de cuando son o no rentables para el otorgante de crédito, lo cual va en función de los costos de operación de este último y del uso que el acreditado da a su crédito.

Cabe mencionar que aunque existan cuentas morosas es posible que puedan seguir siendo un buen negocio o cuentas que aunque se encuentren al corriente tienen un bajo monto operado y entonces representan un costo alto o una rentabilidad muy baja; es así que el problema se extiende a determinar cuando un crédito es o no rentable, lo cual está fuera del propósito de esta tesis.

Ahora bien, la información perteneciente a una persona antes de otorgarle un crédito está contenida en su solicitud de crédito, que como se vio en el capítulo anterior, ésta incluye variables que describen el carácter, la capacidad, y la condicionalidad del acreditado, lo cual dará pauta para que una vez definidos los grupos satisfactorio e insatisfactorio, el comportamiento de las variables de la población en su conjunto indique a que grupo pertenece cada una de las nuevas solicitudes (observaciones), esto es, primero separaremos los créditos ya otorgados en dos conjuntos y después le asignaremos a cada uno de ellos una nueva solicitud.

Expresando lo anterior en términos matemáticos, según el modelo propuesto por R.A. Fisher<sup>2</sup>, se separará al conjunto de créditos satisfactorios y al de créditos insatisfactorios a las cuales denominaremos conjuntos  $\varphi_1, \varphi_2$  respectivamente, y en los cuales se deben agrupar los nuevos elementos que coincidan con las características definidas para cada uno de estos conjuntos de manera óptima.

A su vez, cada crédito en particular se puede expresar como un vector (variable) aleatorio de acuerdo a las  $n$  variables contenidas en la solicitud de crédito y los valores de cada vector difieren de un conjunto a otro de acuerdo a una función que asigna dichos valores a cada conjunto (de otro modo los conjuntos serían indistinguibles), tal que cada  $i$ -ésima solicitud se expresa como:

$$x^i = [x_1^i, x_2^i, \dots, x_n^i] \quad (3.1.1)$$

y las funciones de densidad de probabilidad  $f_1(x)$  y  $f_2(x)$ , las cuales describen el comportamiento de los valores de los vectores que pertenecen a cada grupo serán:

$$f_1(x) \in \varphi_1 \quad \text{y} \quad f_2(x) \in \varphi_2 \quad (3.1.2)$$

Esto es, Fisher propone que las observaciones multivariadas  $x$  deben ser transformadas mediante  $f_1(x)$  y  $f_2(x)$  a observaciones univariadas  $y$ , esto debido a que las  $y$  son más fáciles de manejar matemáticamente por ser una función más simple de  $x$ , de tal forma que cada una de las  $y$  y agrupadas en cada uno de los conjuntos  $\varphi_1, \varphi_2$  estén separadas lo más posible de las del otro conjunto.

---

<sup>2</sup> Fisher, R.A., *The Statistical utilization of multiple measurements*, Annals of Eugenics, volumen 8, 1938, páginas 376-386

Más concretamente, el modelo de Fisher elige la combinación lineal que maximiza la distancia al cuadrado entre las medias relativas a la variabilidad de las y de los conjuntos  $\varphi_1, \varphi_2$ , esto es, sea  $\mu_{1y}$  la media de las y obtenidas de las x que pertenecen a  $\varphi_1$  y  $\mu_{2y}$  la media de las y obtenidas de las x que pertenecen a  $\varphi_2$ , se elige la combinación lineal que maximiza la distancia entre  $\mu_{1y}$  y  $\mu_{2y}$ .

El desarrollo completo del modelo queda como sigue:

Sea

$\mu_1 = E(X|\varphi_1)$  el valor esperado de una observación multivariada proveniente de  $\varphi_1$ ;

y

$\mu_2 = E(X|\varphi_2)$  el valor esperado de una observación multivariada proveniente de  $\varphi_2$ ;

(3.1.3)

y suponiendo que los conjuntos  $\varphi_1, \varphi_2$  tienen la misma matriz de covarianza  $\Sigma$

$$\Sigma = E(X - \mu_k)(X - \mu_k)' \quad \text{con } k=1,2 \quad (3.1.4)$$

entonces las posibles combinaciones lineales se expresan como sigue

$$Y_{m \times n} = l'_{m \times n} X_{n \times n} \quad (3.1.5)$$

tal que Y tiene una de las dos posibles medias siguientes

$$\begin{aligned} \mu_{1y} &= E(Y|\varphi_1) = E(l'X|\varphi_1) = l'\mu_1 \\ &\quad \text{ó} \\ \mu_{2y} &= E(Y|\varphi_2) = E(l'X|\varphi_2) = l'\mu_2 \end{aligned} \quad (3.1.6)$$

dependiendo del conjunto al que pertenezca, tal que la varianza de  $Y$  es la misma para los dos conjuntos

$$\sigma_y^2 = \text{Var}(l'X) = l' \text{Cov}(X)l = l' \Sigma l \quad (3.1.7).$$

Y la mejor combinación lineal se obtiene del cociente de la distancia al cuadrado entre las medias de  $Y$  entre la varianza de  $Y$ , esto es, la mayor distancia en términos de probabilidad:

$$\frac{(\mu_{1y} - \mu_{2y})^2}{\sigma_y^2} = \frac{(l'\mu_1 - l'\mu_2)^2}{l' \Sigma l} = \frac{l' (\mu_1 - \mu_2)(\mu_1 - \mu_2)' l}{l' \Sigma l} \quad (3.1.8)$$

y si se hace  $\theta = (\mu_1 - \mu_2)$  la diferencia en las medias de los vectores la fórmula anterior se expresa como

$$\frac{(l'\mu_1 - l'\mu_2)^2}{l' \Sigma l} = \frac{(l' \theta)^2}{l' \Sigma l} \quad (3.1.9)$$

y entonces los coeficientes  $l$  de combinación lineal que propone Fisher son aquellos que maximizan el cociente anterior: tal que el cociente (3.1.9) es maximizado al elegir

$$l = c \Sigma^{-1} \theta = c \Sigma^{-1} (\mu_1 - \mu_2) \text{ para } c \neq 0 \quad (3.1.10)$$

y al elegir  $c=1$  se obtiene la combinación lineal

$$Y_{n \times n} = l'_{n \times n} X_{n \times n} = (\mu_1 - \mu_2)' \Sigma^{-1} X \quad (3.1.11)$$

la cual es conocida como la función lineal discriminante de Fisher.

Entonces el máximo del cociente está determinado por

$$\max_i \frac{(l' \partial)^2}{l' \Sigma l} = \partial' \Sigma^{-1} \partial \quad (3.1.12).$$

la anterior función lineal discriminante convierte a los conjuntos con observaciones multivariadas de  $\varphi_1, \varphi_2$  en poblaciones univariadas, de forma que las medias de las correspondientes poblaciones univariadas están separadas lo más posible de la varianza de la población en su conjunto.

Asimismo, la ecuación (3.1.11) puede usarse como la función de clasificación, esto es, al hacer  $y_0 = (\mu_1 - \mu_2)' \Sigma^{-1} x_0$  para cada nueva observación  $x_0$  y sea:

$$m = \frac{1}{2} [\mu_{1y} + \mu_{2y}] = \frac{1}{2} [l' \mu_1 + l' \mu_2] = \frac{1}{2} [\mu_1 - \mu_2]' \Sigma^{-1} [\mu_1 + \mu_2] \quad (3.1.13)$$

el punto medio entre las dos medias de las poblaciones univariadas, se tiene que:

$$E(Y_0 | \varphi_1) - m \geq 0 \quad \text{y} \quad E(Y_0 | \varphi_2) - m < 0 \quad (3.1.14)$$

lo cual implica que si la observación  $x_0$  pertenece al conjunto  $\varphi_1$ , la observación univariada transformada  $Y_0$  se espera que sea más grande que el punto medio y de forma análoga si la observación  $x_0$  pertenece al conjunto  $\varphi_2$ , la observación univariada transformada  $Y_0$  se espera que sea menor al punto medio.

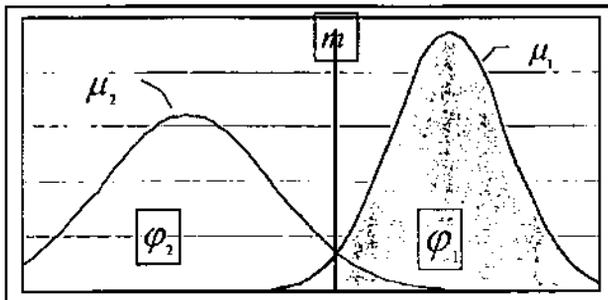
De acuerdo a lo anterior se generan las reglas de clasificación de las nuevas observaciones de la siguiente manera:

a) Clasificar  $x_0$  en el conjunto  $\varphi_1$  si  $y_0 = (\mu_1 - \mu_2)' \Sigma^{-1} x_0 \geq m$ ;

b) Clasificar  $x_0$  en el conjunto  $\varphi_2$  si  $y_0 = (\mu_1 - \mu_2)' \Sigma^{-1} x_0 < m$  (3.1.15).

sin embargo, las reglas anteriores son válidas sí y sólo sí se cumple que la distribución de los conjuntos proviene de una distribución multinormal con media distinta y matriz de covarianza idéntica.

Desafortunadamente las reglas en (3.1.15) no necesariamente son óptimas desde que, un nuevo elemento puede ser asignado mediante estas fórmulas a un conjunto al que no pertenece, debiéndose este error a un traslape entre las poblaciones transformadas  $\varphi_1, \varphi_2$  el cual es ocasionado porque no existe una distinción clara entre las características de dichas poblaciones, gráficamente esto se observa en la figura (3.1.16).



[3.1.16]

Y desde que la población de créditos con comportamiento satisfactorio suele ser mucho mayor que la población de créditos insatisfactorios, es claro que, una regla óptima debe ser obtenida de modo que ésta arroje los menores errores de clasificación posibles, es decir, la probabilidad de cometer un error en la clasificación de un elemento debe ser mínima considerando las probabilidades a priori de que un elemento pertenezca a uno de los conjuntos.

Más aún, existe un costo financiero asociado con una clasificación errónea, esto es, el otorgar un crédito a alguien que pudiera pertenecer al conjunto de créditos insatisfactorios puede resultar más rentable que el negar un crédito a una solicitud que puede pertenecer al conjunto de créditos satisfactorios y viceversa.

De lo anterior es claro que, una regla óptima de clasificación debe considerar los aspectos de costo de clasificación y de las probabilidades a priori de pertenencia a algún conjunto, a fin de que la regla de clasificación proporcione la elección más rentable de asignación de crédito, un modelo así se expondrá en la siguiente sección.

### 3.2 Elaboración de una regla óptima de clasificación.

Al establecer una regla óptima de clasificación se deben definir aspectos a considerar de suma importancia, por principio, un buen procedimiento debe cometer pocos errores al asignar objetos, esto es, la probabilidad de equivocarse al asignar un elemento a un conjunto debe ser muy pequeña, además se debe tomar en cuenta el costo de un error en la clasificación desde que un tipo de error puede ser más costoso que otro, como veremos más adelante.

Ahora bien, matemáticamente este error es cuantificable, por lo que esta medición se agregará al modelo desarrollado anteriormente, no sin antes tomar en cuenta que el espacio muestral  $\Omega$  que contiene todas las posibles observaciones de  $x$  se divide en dos conjuntos mutuamente excluyentes y exhaustivos sobre el espacio muestral tal que  $\varphi_1 \cup \varphi_2 = \Omega$  y además  $\varphi_1 \cap \varphi_2 = \emptyset$ .

Considerando lo anterior es claro que existe una función densidad de probabilidad asociada a cada conjunto, sean entonces  $f_1(x)$  y  $f_2(x)$  las funciones asociadas a  $\varphi_1$  y  $\varphi_2$  respectivamente, las cuales a su vez generan las regiones  $B_1$  y  $B_2$  de probabilidad; tal que en términos de probabilidad condicional las cuatro posibilidades de clasificación se expresan como:

a)  $P(x \in B_1 | \varphi_1) \cdot P(\varphi_1)$  = Probabilidad de clasificar correctamente un elemento del conjunto  $\varphi_1$ ;

b)  $P(x \in B_2 | \varphi_2) \cdot P(\varphi_2)$  = Probabilidad de clasificar correctamente un elemento del conjunto  $\varphi_2$ ;

c)  $P(x \in B_1 | \varphi_2) \cdot P(\varphi_2)$  = Probabilidad de clasificar erróneamente un elemento del conjunto  $\varphi_1$ ; y

d)  $P(x \in B_2 | \varphi_1) \cdot P(\varphi_1)$  = Probabilidad de clasificar erróneamente un elemento del conjunto  $\varphi_2$ ;

donde  $P(\varphi_1)$  y  $P(\varphi_2)$  son las probabilidades a priori de obtener un elemento del conjunto respectivo.

Siendo entonces las opciones c) y d) las que reflejan el error de clasificación, se tiene que este último se denota en términos de probabilidad por :

$$P(x \in B_2 | \varphi_1) \cdot P(\varphi_1) + P(x \in B_1 | \varphi_2) \cdot P(\varphi_2) \quad (3.2.1)$$

ahora bien, si a ello se agrega el costo del error por clasificar erróneamente un elemento se tiene el costo real del error:

$$\alpha_2 \left( P(x \in B_2 | \varphi_1) \cdot P(\varphi_1) \right) + \alpha_1 \left( P(x \in B_1 | \varphi_2) \cdot P(\varphi_2) \right) \quad (3.2.2)$$

donde  $\alpha_1$  es el costo de clasificar erróneamente un elemento del conjunto  $\varphi_1$  y a su vez  $\alpha_2$  es el costo de clasificar erróneamente un elemento del conjunto  $\varphi_2$ .

Se infiere entonces que un método óptimo debe determinarse tal que el costo por error de clasificación sea minimizado, esto es, deben elegirse las regiones  $B_1$  y  $B_2$  tal que 3.2.2 se haga tan pequeño como sea posible.

$$\text{Y dado que } P(x \in B_1 | \varphi_2) = \int_{B_1} f_2(x) dx \text{ y } P(x \in B_2 | \varphi_1) = \int_{B_2} f_1(x) dx$$

y además la unión de las regiones  $B_1$  y  $B_2 \Rightarrow B_1 \cup B_2 = \Omega$  derivan que la probabilidad total se escribe como  $\int_{\Omega} f_1(x) dx = \int_{B_1} f_1(x) dx + \int_{B_2} f_1(x) dx$  y al sustituir

en 3.2.2 se tiene:

$$\alpha_2 P(\varphi_1) \left[ 1 - \int_{B_1} f_1(x) dx \right] + \alpha_1 P(\varphi_2) \int_{B_1} f_2(x) dx \quad (3.2.3)$$

que por propiedad de integrales se agrupa de la siguiente manera

$$\alpha_2 P(\varphi_1) + \int_{B_1} \{ \alpha_1 P(\varphi_2) f_2(x) - \alpha_2 P(\varphi_1) f_1(x) \} dx \quad (3.2.4)$$

y dado que todos los componentes de la ecuación (3.2.4) son cantidades positivas, y de estas sólo  $f_1(x)$  y  $f_2(x)$  son las únicas cantidades que depende de  $x$  por lo que el costo por error de clasificación se minimiza si para aquellos valores de  $x$  en la región  $B_1$  se cumple que el integrando sea negativo o cero, esto es:

$$\alpha_1 P(\varphi_2) f_2(x) - \alpha_2 P(\varphi_1) f_1(x) \leq 0 \quad (3.2.5)$$

y excluye aquellos valores de  $x$  para los cuales esta cantidad es positiva, y desde que el complemento del espacio muestral es la región para aquellas  $x$  cuyo valor en el integrando es positivo, se tiene que las  $x$  que cumplan con la siguiente desigualdad pertenecen a la región  $B_2$

$$\alpha_1 P(\varphi_2) f_2(x) - \alpha_2 P(\varphi_1) f_1(x) > 0 \quad (3.2.6)$$

Al simplificar las desigualdades (3.2.5) y (3.2.6) se deriva el método óptimo de clasificación para cada nueva observación como sigue:

$$\frac{f_1(x)}{f_2(x)} \geq \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \frac{P(\varphi_2)}{P(\varphi_1)} \Rightarrow x_0 \in B_1 \quad (3.2.7)$$

$$\frac{f_1(x)}{f_2(x)} < \frac{\alpha_1 \cdot P(\varphi_2)}{\alpha_2 \cdot P(\varphi_1)} \Rightarrow x_0 \in B_2. \quad (3.2.8)$$

Ahora bien, la utilización del resultado anterior necesita de los siguientes supuestos:

- i) evaluar tanto  $f_1(x)$  como  $f_2(x)$  para cada nueva observación  $x_0$  que se integra a la población;
- ii) conocer el costo que produce un error al clasificar cada nuevo  $x_0$ ;
- iii) estimar la probabilidad a priori de que  $x_0$  pertenezca a un conjunto.

### 3.3 Comportamiento de la regla bajo supuestos de normalidad.

Si se supone ahora que las poblaciones  $\varphi_1$  y  $\varphi_2$  se distribuyen normalmente con media distinta y varianza igual, esto es:

$$f_i(x) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{p}{2}} \sigma} \exp \left[ \frac{-1}{2} \frac{(x - \mu_i)^2}{\sigma^2} \right] \quad \text{para } i = 1, 2$$

y dado que dichos supuestos cumplen con las premisas propuestas por Fisher, se tiene en forma análoga de (3.2.5) que los  $x$  que cumplen con la siguiente desigualdad conforman a la región  $B_1$ :

$$\left[ \frac{(\mu_1 - \mu_2) x_0}{\sigma^2} \right] - \left[ \frac{-1}{2} \frac{(\mu_1 - \mu_2)(\mu_1 + \mu_2)}{\sigma^2} \right] \geq \ln \left[ \frac{\alpha_1 P(\varphi_2)}{\alpha_2 P(\varphi_1)} \right] \quad (3.3.1)$$

sin embargo, desde que la distribución de las poblaciones no es conocida exactamente sólo es posible obtener un estimado de la misma, esto no garantiza que la ecuación minimice el costo que se da por clasificar erróneamente un nuevo elemento, pero si es válida para aquellas poblaciones suficientemente grandes tal que  $\bar{x}_1 \equiv \mu_1$ ,  $\bar{x}_2 \equiv \mu_2$ , y  $\bar{\sigma}^2 \equiv \sigma^2$ .

Se tiene entonces que las  $x$  que conforman la región  $B_1$  serán aquellas que cumplen con la siguiente condición:

$$\left[ \frac{(\bar{\mu}_1 - \bar{\mu}_2) x_0}{\bar{\sigma}^2} \right] - \left[ \frac{-1}{2} \frac{(\bar{\mu}_1 - \bar{\mu}_2)(\bar{\mu}_1 + \bar{\mu}_2)}{\bar{\sigma}^2} \right] \geq \ln \left[ \frac{\alpha_1 P(\varphi_2)}{\alpha_2 P(\varphi_1)} \right] \quad (3.3.2)$$

y el complemento que conforma el espacio muestral, es decir, la región  $B_2$  será aquella cuyas  $x$  cumplen con la desigualdad

$$\left[ \frac{(\bar{\mu}_1 - \bar{\mu}_2) x_0}{\bar{\sigma}^2} \right] - \left[ \frac{-1(\bar{\mu}_1 - \bar{\mu}_2)(\bar{\mu}_1 + \bar{\mu}_2)}{2 \bar{\sigma}^2} \right] < \ln \left[ \frac{\alpha_1 P(\varphi_2)}{\alpha_2 P(\varphi_1)} \right] \quad (3.3.3)$$

Las reglas óptimas de clasificación para aquellas poblaciones que se distribuyen normalmente pero con media y varianza distintos se obtienen a continuación:

$$f_i(x) = \frac{1}{(2\pi)^p \sigma_i} \exp \left[ \frac{-1(x - \mu_i)'(x - \mu_i)}{2 \sigma_i^2} \right] \quad \text{para } i = 1, 2$$

lo cual implica que calcular la regla de clasificación es más complicado, desde que la matriz de la covarianza es distinta en cada una de las poblaciones y no se cancelan como en (3.1.5).

Al substituir en (3.2.7) por densidades normales multivariadas con matrices de covarianza distinta se tiene que la región de clasificación  $B_1$  está dada por aquellas  $x$  para las que la siguiente ecuación

$$-\frac{1}{2} x' (\Sigma_1^{-1} - \Sigma_2^{-1}) x + (\mu_1' \Sigma_1^{-1} - \mu_2' \Sigma_2^{-1}) x - \frac{1}{2} \left[ \ln \left( \frac{|\Sigma_1^{-1}|}{|\Sigma_2^{-1}|} \right) + \mu_1' \Sigma_1^{-1} \mu_1 - \mu_2' \Sigma_2^{-1} \mu_2 \right]$$

cumple con la condición de ser mayor o igual que la expresión

$$\ln \left[ \frac{\alpha_1 P(\varphi_2)}{\alpha_2 P(\varphi_1)} \right] \quad (3.3.4)$$

en otro caso pertenece a la región de clasificación  $B_2$ .

El desarrollo se muestra a continuación:

$$\frac{f_1(x)}{f_2(x)} = \frac{(2\pi)^{-\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{|\Sigma_1|^{1/2}} \cdot e^{-\frac{1}{2}(x-\mu_1)\Sigma_1^{-1}(x-\mu_1)}}{(2\pi)^{-\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{|\Sigma_2|^{1/2}} \cdot e^{-\frac{1}{2}(x-\mu_2)\Sigma_2^{-1}(x-\mu_2)}}$$

cancelando los términos constantes se tiene:

$$\frac{f_1(x)}{f_2(x)} = \frac{|\Sigma_2|^{1/2} \cdot e^{-\frac{1}{2}(x-\mu_1)\Sigma_1^{-1}(x-\mu_1)}}{|\Sigma_1|^{1/2} \cdot e^{-\frac{1}{2}(x-\mu_2)\Sigma_2^{-1}(x-\mu_2)}}$$

y al tomar logaritmos naturales en cada parte del cociente se tiene

$$\frac{\ln|\Sigma_2|^{1/2} + \left[-\frac{1}{2}(x-\mu_1)\Sigma_1^{-1}(x-\mu_1)\right]}{\ln|\Sigma_1|^{1/2} + \left[-\frac{1}{2}(x-\mu_2)\Sigma_2^{-1}(x-\mu_2)\right]}$$

que por propiedades de logaritmos el cociente se desarrolla como sigue

$$\begin{aligned} & \ln|\Sigma_2|^{1/2} + \left[-\frac{1}{2}(x-\mu_1)\Sigma_1^{-1}(x-\mu_1)\right] - \ln|\Sigma_1|^{1/2} - \left[-\frac{1}{2}(x-\mu_2)\Sigma_2^{-1}(x-\mu_2)\right] \\ &= \frac{1}{2}\ln|\Sigma_2| - \frac{1}{2}\ln|\Sigma_1| + \frac{1}{2}(x-\mu_1)\Sigma_1^{-1}(x-\mu_1) - \frac{1}{2}(x-\mu_2)\Sigma_2^{-1}(x-\mu_2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= -\frac{1}{2} \ln \frac{|\Sigma_1|}{|\Sigma_2|} + \frac{1}{2} [x' \Sigma_1^{-1} x - x' \Sigma_1^{-1} \mu_1 - \mu_1' \Sigma_1^{-1} x + \mu_1' \Sigma_1^{-1} \mu_1] \\
&\quad - \frac{1}{2} [x' \Sigma_2^{-1} x - x' \Sigma_2^{-1} \mu_2 - \mu_2' \Sigma_2^{-1} x + \mu_2' \Sigma_2^{-1} \mu_2]
\end{aligned}$$

reagrupando términos en función de  $x$  se tiene que

$$\begin{aligned}
&= -\frac{1}{2} \ln \frac{|\Sigma_1|}{|\Sigma_2|} + \frac{1}{2} x' (\Sigma_1^{-1} - \Sigma_2^{-1}) x - \frac{1}{2} (\mu_1' \Sigma_1^{-1} - \mu_2' \Sigma_2^{-1}) x \\
&\quad - \frac{1}{2} x' (\Sigma_1^{-1} \mu_1 - \Sigma_2^{-1} \mu_2) + \frac{1}{2} (\mu_1' \Sigma_1^{-1} \mu_1 - \mu_2' \Sigma_2^{-1} \mu_2)
\end{aligned}$$

considerando que  $\mu_i' \Sigma_i^{-1} x = x' \Sigma_i^{-1} \mu_i$ , la ecuación anterior se expresa de

la siguiente manera:

$$-\frac{1}{2} \ln \frac{|\Sigma_1|}{|\Sigma_2|} + \frac{1}{2} x' (\Sigma_1^{-1} - \Sigma_2^{-1}) x - (\mu_1' \Sigma_1^{-1} - \mu_2' \Sigma_2^{-1}) x + \frac{1}{2} (\mu_1' \Sigma_1^{-1} \mu_1 - \mu_2' \Sigma_2^{-1} \mu_2) x$$

En la práctica la ecuación (3.3.4) se utiliza sustituyendo los estimadores de las cantidades muestrales, tal que  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, S_1, S_2$ , son utilizados en lugar de

$\mu_1, \mu_2, \Sigma_1, \Sigma_2$ , tal que se obtiene la llamada Regla Cuadrática de Clasificación:

$$-\frac{1}{2} x' (\Sigma_1^{-1} - \Sigma_2^{-1}) x + (\mu_1' \Sigma_1^{-1} - \mu_2' \Sigma_2^{-1}) x - k \geq \ln \left[ \frac{\alpha_1 P(\varphi_2)}{\alpha_2 P(\varphi_1)} \right] \Rightarrow x_0 \in B_1 \text{ y}$$

$$-\frac{1}{2} x' (\Sigma_1^{-1} - \Sigma_2^{-1}) x + (\mu_1' \Sigma_1^{-1} - \mu_2' \Sigma_2^{-1}) x - k < \ln \left[ \frac{\alpha_1 P(\varphi_2)}{\alpha_2 P(\varphi_1)} \right] \Rightarrow x_0 \in B_2, \text{ con}$$

$$k = -\frac{1}{2} \left[ \ln \left( \frac{\Sigma_1^{-1}}{\Sigma_2^{-1}} \right) + \mu_1' \Sigma_1^{-1} \mu_1 - \mu_2' \Sigma_2^{-1} \mu_2 \right].$$

Sin embargo, con esta función no se obtiene un buen desempeño si los datos no se distribuyen normalmente, y si éste fuera el caso se puede recurrir a la técnica de transformación de datos para convertirlos a normales y después efectuar la prueba de igualdad de las matrices de covarianza para decidir si se utiliza la regla lineal o la cuadrática.

En la práctica la asertividad de los métodos tanto lineal como cuadrático ha mostrado ser sensible dependiendo de la forma en la distribución de los datos, es así que la decisión de usar la técnica de discriminantes lineal contra la cuadrática radica en la igualdad o desigualdad de las matrices de covarianza, por otra parte, la hipótesis más crítica consiste en asumir que las variables que describen a los miembros de las poblaciones se distribuyen normalmente, si esta condición no se cumple los resultados pueden implicar en reglas de clasificación desviadas.

## **IV. Aplicación de la técnica de clasificación sobre una muestra hipotética de solicitudes para créditos hipotecarios**

### **Introducción.**

Derivado del capítulo anterior se aplicará la técnica estadística de clasificación a fin de mostrar la metodología práctica a seguir para el análisis de los datos, partiendo de una muestra hipotética de créditos hipotecarios, y realizando los pasos necesarios para llegar a la fórmula que distingue entre las poblaciones.

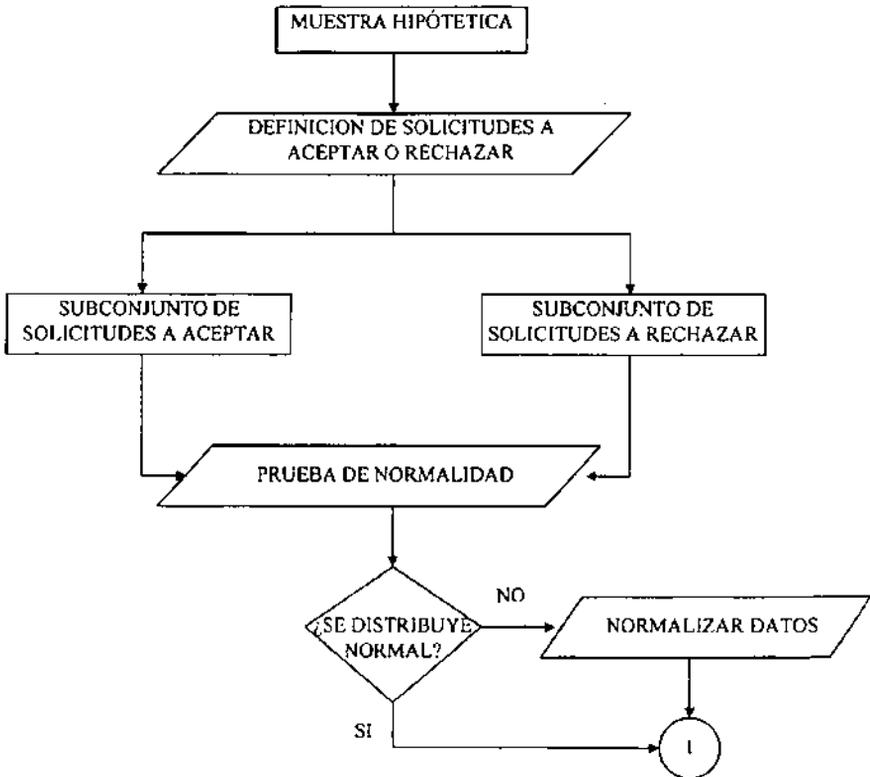
Lo anterior considera las variables a incluir en el desarrollo de la clasificación, así como el tratamiento en particular a dársele a cada una de ellas, los criterios para seleccionar la muestra, y finalmente el análisis de la información contenida en cada variable, entendiendo cada una de ellas en lo particular y su posible interrelación.

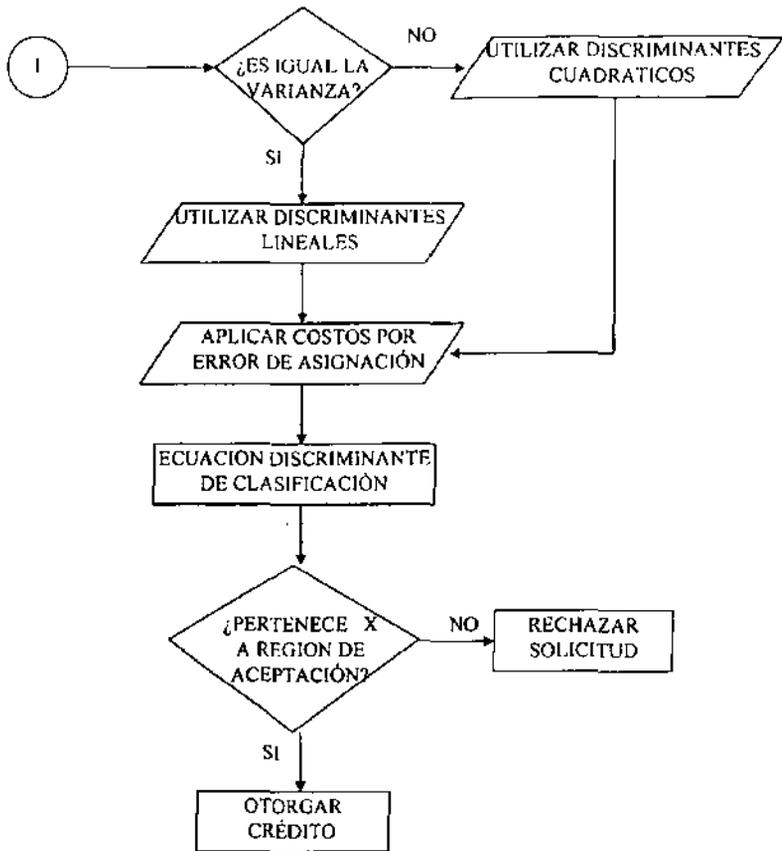
Posteriormente en el capítulo V, se darán los resultados del proceso estadístico de clasificación y las conclusiones de estos resultados.

#### 4.1 Metodología para la técnica de clasificación.

Como vimos en el capítulo anterior la técnica de estadística multivariada de clasificación en lo referente a discriminantes lineales o cuadráticos, opera bajo varios supuestos, los cuales de no cumplirse implica se incurra en estimar coeficientes desviados, por lo tanto, una metodología práctica debe considerar la validación de los supuestos de normalidad sobre los que funciona cada uno de estos métodos y, en su caso, cual de ellos se utilizará en función de la matriz de covarianza.

Siendo entonces que la metodología a seguir se esquematiza en la siguiente figura:





Tal que el primer paso a seguir es conformar la muestra hipotética la cual debe de cumplir con varias condiciones, siendo entonces que como se refirió en el capítulo segundo, la población debe tener un número  $n$  de variables mínimas a considerar que poseen la cualidad de describir las características de capacidad, capital, carácter, y condicionalidad deseables o no de un conjunto de solicitudes, tal que estas se puedan separar según sus características en aceptables o rechazables.

En el caso particular de los créditos hipotecarios las variables que aparecen más comúnmente en solicitudes de créditos y sus posibles valores se enlistan a continuación:

- Tipo de crédito: una sola persona, con su cónyuge, o con otro obligado solidario.
- Edad: mayor de 25 años y hasta 60 años.
- Tipo de vivienda: vive con familiares, casa propia, rentada, o hipotecada.
- Estado civil: casado, divorciado, unión libre, soltero, o viudo.
- Dependientes: 0 o más.
- Tipo de empresa: gobierno, hogar, militar, sector privado, por su cuenta, empresa pública, estudiante, retirada, desempleado, otros.
- Ocupación: ejecutivo, gerente, comerciante, obrero, obrero de la construcción, chofer, militar, guardia, hogar, estudiante, empresa de servicios, de reparaciones, independiente, otros.
- Antigüedad laboral: desde 1 año.
- Cuenta de cheques: Sí o no (el saldo de la cuenta no se utiliza para el análisis sino como referencia bancaria).
- Cuentas de inversión: Sí o no (el saldo de la cuenta no se utiliza para el análisis sino como referencia bancaria).
- Tarjetas de crédito: Sí o no (aunque el saldo no se utiliza para el análisis, si se solicita al buró de crédito referencias sobre el comportamiento del solicitante o fin de avalar su calidad moral crediticia).
- Destino del crédito: propiedad nueva, usada, en construcción, liquidez, o remodelación.
- Tipo de propiedad: departamento, condominio, edificio, comercial, caso sola.
- Antigüedad con tarjeta: desde 1 año.

Ahora bien, a cada variable cuyos posibles valores son cualitativos se debe asignar a cada valor un número real que transforme la variables en cuantitativos y así poder realizar el análisis numérico de estadística multivariada, en particular cuando la respuesta es sólo sí o no es posible utilizar en su lugar el valor 1 o 0 respectivamente, sin embargo cuando los posibles valores son más de dos es preferible asignar un número que sea representativo de la distribución en la variable.

Suponga ahora la variable estado civil, y construyendo una tabla que según la muestra indique que número se debe asignar a cada posible resultado de la variable de acuerdo a su clase tal que:

ESTADO CIVIL	SOLICITUDES DESEABLES	SOLICITUDES NO DESEABLES	OPORTUNIDAD DE ACEPTAR MARGINAL
Soltero	10%	20%	1 / 2
Casado	60%	30%	2
Divorciado	20%	20%	1
Unión Libre	5%	10%	1 / 2
Viudo	5%	20%	1 / 4

De la tabla anterior se desprende que el número real a asignar se da por la oportunidad marginal de encontrar un posible valor dentro de una solicitud a aceptar dado que se posee una característica en específico tal como "soltero", y en consecuencia cada variable que tiene como posibles valores más de dos características cualitativas debe ser transformada mediante este procedimiento, tal es el caso de las variables: tipo de crédito, tipo de vivienda, estado civil, ocupación, tipo de empresa, destino del crédito y tipo de propiedad.

Como se observa de la misma tabla "unión libre" y "soltero" tiene la misma oportunidad marginal, por lo que ambas características pueden considerarse como

pertenecientes a la misma clase, y una vez hecho lo anterior es posible asignar un número a cada una de esas clases.

Ahora bien, una vez transformadas todas las variables cualitativas el siguiente procedimiento consiste en separar las poblaciones en deseable y no deseables, una vez hecho lo anterior se debe validar la normalidad de las poblaciones, en caso de que no sean normales será necesario transformar de nuevo los datos para normalizarlos, tal que se pueda obtener la regla de clasificación ya sea por el método lineal o cuadrático dependiendo de la covarianza entre las poblaciones, o bien normalizar los datos.

A continuación se tomará una muestra de créditos ya otorgados y se analizará si es posible obtener una mejor regla de clasificación con base a la experiencia obtenida por el comportamiento durante el tiempo de dichos créditos, agregando además del análisis multivariado el análisis por error de asignación el cual combina los términos probabilísticos con los de costos.

#### 4.2 Conformación de la muestra.

Se utilizará para la conformación de la muestra el universo de créditos hipotecarios ejercidos en el período febrero de 1994 a agosto de 1997 por una institución bancaria; a cada uno de estos clientes de acuerdo a las características reflejadas en la solicitud del crédito les fue asociado un puntaje, siendo este último el que determinó el que se les otorgará un crédito. Esto es, en el momento de su evaluación todos estos créditos se determinaron como deseables y el puntaje establecido para calificar a cada crédito se dio según la siguiente tabla:

VARIABLE	CARACTERISTICA	PUNTAJE
Edad del solicitante	Menor de 30 años	5
	De 30 a 34 años	10
	De 35 a 39 años	15
	De 40 a 44 años	20
	De 45 a 54 años	25
	De 55 ó más años	20
	No proporcionada	5
Dependientes Económicos	Cero	15
	Uno	20
	Dos o Tres	15
	Cuatro o más	10
	No proporcionado	15
Estado Civil	Casado o viudo	20
	Unión libre	15
	Soltero o divorciado	5
	No proporcionado	15
Tipo actual de vivienda	Propia	20
	Hipotecada o Rentada	15
	Familiar	10
	No proporcionada	15

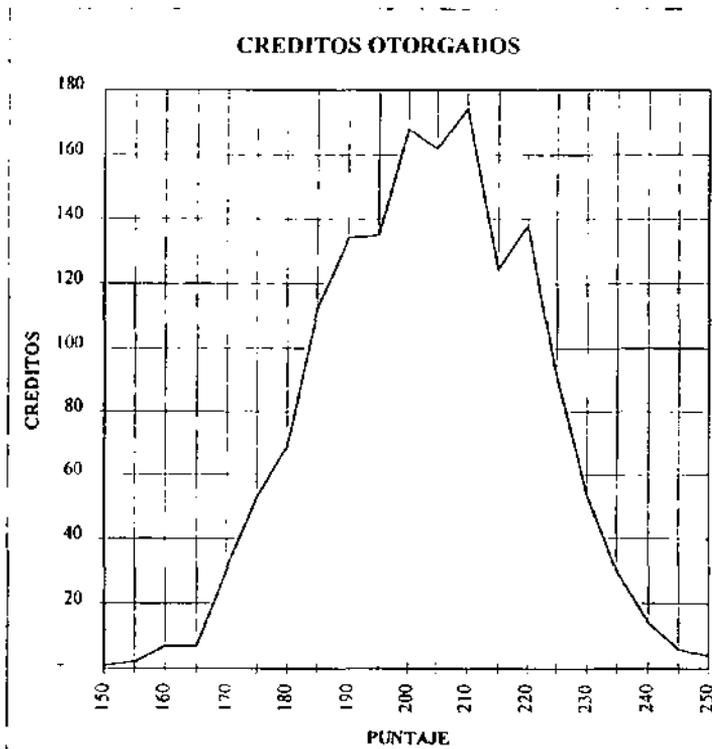
VARIABLE	CARACTERÍSTICA	PUNTAJE
Tiempo de laborar en el trabajo presente y anterior	Menos de 3 años	10
	De 3 a 5 años	15
	De 6 a 10 años	20
	De 11 a 15 años	25
	De 16 o más años	20
	Retirado, Estudiante, Desempleado, Obrero de Construcción, (aún si proporciona el tiempo). No proporcionada	5
Tipo de empresa	Gobierno	15
	Sector privado	20
	Autoempleado o Militar	10
	Retirado, Obrero de la Construcción, Estudiante, Desempleado	5
	No proporcionado	5
Ocupación	Grupo I: Ejecutivos, Profesionales o Semiprofesionales	20
	Grupo II: Obrero fabril, Administrador, Oficinista o Militar	15
	Grupo III: Vendedor, Chofer, Guardia, Propietario de negocio, Servicios, o Técnico	10
	Otra Ocupación	15
	Retirado, Obrero de la Construcción, Estudiante, o Desempleado	5
	No proporcionado	5
	Edad del coacreditado	Menor de 25 años
De 25 a 34 años		15
de 35 años ó más		20
Sin coacreditado		10
Referencias de cuentas Bancarias	Una o mas referencias	20
	No proporcionada	10

VARIABLE	CARACTERISTICA	PUNTAJE
Referencias de tarjetas de Crédito	Tarjeta bancaria o de tienda	25
	Tarjeta de tienda	20
Propósito del préstamo	No proporcionada	10
	Adquisición de propiedad nueva	20
	Adquisición de propiedad usada	20
	Construcción o remodelación	15
	Liquidación	10
Tipo de propiedad	No proporcionada	15
	Casa sola	20
	Casa en condominio	20
	Departamento	20
	No proporcionada	15

Tal que la distribución según el puntaje otorgado y el estatus de vencido o vigente, se da como sigue:

PUNTAJE	CREDITOS		VENCIDOS / TOTAL POR RANGO
	VIGENTES	VENCIDOS	
150-160	5	5	50.00%
161-170	27	11	28.95%
171-180	101	21	17.21%
181-190	218	28	11.38%
191-200	272	31	10.23%
201-210	302	34	10.12%
211-220	243	19	7.25%
221-230	138	7	4.83%
231-240	42	2	4.55%
241-250	10	-	0.00%
<b>TOTAL</b>	<b>1,358</b>	<b>158</b>	<b>10.42%</b>

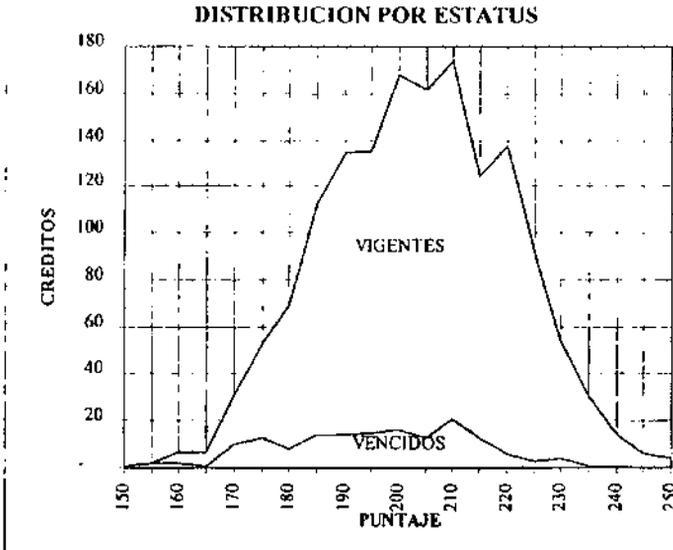
Asimismo, de la tabla anterior se desprende la gráfica (4.2.1) que muestra la distribución por puntaje de los créditos, de la cual se puede observar que la distribución de la población de créditos otorgados se comporta como una normal de media 203.4 puntos y varianza 284.5.



Gráfica 4.2.1

Sin embargo, considerando que un 10% de estos créditos se encuentra en el estatus vencido, es necesario determinar un nuevo puntaje que separe las poblaciones deseable e indeseable según las características de los clientes, para tal efecto se etiquetará para ello a clientes deseables a aquellos cuyo estatus es vigente e

indeseables a aquellos cuyo estatus es vencido, quedando la distribución de las poblaciones tal como lo muestra la figura (4.2.2).



Gráfica 4.2.2

La reflexión anterior se deriva de que según el algoritmo actual de clasificación por puntaje que utiliza este banco, las poblaciones de créditos deseables e indeseables son indistinguibles en el primer rango de puntuación y considera un error del 28% y 17% en los dos siguientes rangos. De tal modo que posiblemente se encuentren rechazando créditos que pudieran ser deseables y como se ve en la distribución gráfica están otorgando créditos, que son indeseables y que tienen un puntaje superior a los 170 puntos.

### 4.3 Análisis de los datos.

Del universo de 1,516, créditos 174 fueron otorgadas por el esquema de facultades, es decir, un funcionario lo otorgó sin pasar por el esquema de valoración de puntos según la tabla, por lo anterior se removieron estos créditos de la muestra, y se realizó el análisis de distribución para cada una de las variables, a continuación se verá el análisis para cada una de ellas

#### i) Edad del solicitante

EDAD		DISTRIBUCION		% SOBRE POBL.		Oportunidad	CLASE
Inferior	Superior	vigente	vencido	vigente	vencido	vigente	
18	22	24	5	2%	4%	.48	1
23	27	243	25	20%	21%	.96	3
28	32	322	35	26%	29%	.91	3
33	37	249	26	20%	21%	.95	3
38	42	190	12	16%	10%	1.57	4
43	47	87	11	7%	9%	.78	2
48	52	61	2	5%	2%	3.02	5
53	57	30	3	2%	2%	.99	3
58	100	15	2	1%	2%	.74	2
		1,221	121	100%	100%		

Como lo muestra la tabla la oportunidad de encontrar un crédito vigente en un rango específico es similar para las clase de 43 a 47 años y para aquellos de 58 años o más, otra clase está conformada con un mejor riesgo por los rangos de 23 a 37 años y de 53 a 57 años, la clase 4 está conformada por el rango de 38 a 42 años de edad y la clase con mejor riesgo lo representa la clase de 48 a 52 años de edad, mientras que por otra parte el peor riesgo según la edad del acreditado lo representa la clase 1 con el rango de edad de 18 a 22 años.

ii) Número de dependientes económicos

Número de Depend.	DISTRIBUCION		% SOBRE POBL.		Oportunidad	CLASE
	vigente	vencido	vigente	vencido	Vigente	
0	493	57	40%	47%	0.86	1
1	234	26	19%	21%	0.89	2
2	253	18	21%	15%	1.39	3
3	160	11	13%	9%	1.44	4
4 o más	81	9	7%	7%	0.89	2
	1,221	121	100%	100%		

En cuanto a los dependientes económicos la mayoría de acreditados realizó su solicitud mencionando no tener dependientes, por otra parte, una diferencia significativo se encontró entre quienes tienen 2 o 3 dependientes económicos y las demás clases.

iii) Estado civil

ESTADO CIVIL	DISTRIBUCION		% SOBRE POBL.		Oportunidad	CLASE
	vigente	vencido	vigente	vencido	vigente	
CASADO	772	69	63%	57%	1.11	3
DIVORCIADO	29		2%	0%		4
SOLTERO	363	48	30%	40%	0.75	2
UNION LIBRE	51	3	4%	2%	1.68	4
VIUDO	6	1	0%	1%	0.59	1
	1,221	121	100%	100%		

Como era de esperarse la mayoría de solicitantes para un crédito hipotecario son casados, más sin embargo es notorio que viudos y solteros representan un riesgo superior a los casados, y más aún aunque los acreditados que viven en unión libre sólo representan un 4% de la muestra, ellos representan un menor nivel de riesgo de estado civil junto con los divorciados.

iv) Tipo actual de vivienda

Tipo de vivienda	DISTRIBUCION		% SOBRE POBL.		Oportunidad	CLASE
	vigente	vencido	vigente	vencido	Vigente	
FAMILIAR	536	47	44%	39%	1.13	2
HIPOTECADA	33		3%	0%	-	1
OTROS	1		0%	0%	-	1
PROPIA	317	25	26%	21%	1.26	3
RENTADA	334	49	27%	40%	0.68	1
	1,221	121	100%	100%		

Los peores riesgos según el tipo actual de vivienda lo representaron aquellos acreditados que vivían en viviendas rentadas, y aquellos que ya tenían una vivienda propia representan el mejor riesgo debido posiblemente a que tienen un mayor patrimonio, por otra parte aquellos que vivían en una vivienda familiar representan el riesgo intermedio.

Cabe resaltar que tal vez por la forma de vida de familias extendidas en nuestra sociedad, el 44% de acreditados radicaba en vivienda de tipo familiar mientras que del restante 56% un 29% es el que está solucionando un problema de vivienda.

v) Tiempo de laborar en el trabajo presente y anterior

Antigüedad		DISTRIBUCION		% SOBRE POBL.		Oportunidad	CLASE
inferior	Superior	vigente	vencido	vigente	vencido	vigente	
-	-	1	0	0%	0%		1
1	5	702	85	57%	70%	0.82	2
6	10	276	25	23%	21%	1.09	3
11	15	117	7	10%	6%	1.66	4
16	20	62	3	5%	2%	2.05	5
21	25	24	0	2%	0%		6
26	30	32	1	3%	1%	3.17	6
31 o más		7	0	1%	0%		1
		1,221	121	100%	100%		

Debido a que los acreditados sin antigüedad laboral o con 31 o más años de antigüedad sólo representaban el 0.6% fueron agrupados en un misma categoría, fuera de estos, todos los demás acreditados se comportan consistentemente en el sentido de que a mayor estabilidad laboral (antigüedad en el empleo) menor es el riesgo que representa el crédito. Por otra parte el 59% de la población tiene menos de 5 años en los dos últimos empleos, lo cual posiblemente se debe a la edad de la población que solicita crédito y por otra parte a la inestabilidad laboral de los últimos años.

vi) Tipo de empresa

Tipo de empleo	DISTRIBUCION		% SOBRE POBL.		Oportunidad	CLASE
	vigente	vencido	vigente	vencido	vigente	
DESEMPLEADO SIN INGRESOS	1		0%	0%		2
GOBIERNO	285	16	23%	13%	1.77	5
NEGOCIO PEQUEÑO	2	1	0%	1%	0.20	1
NEGOCIO PROPIO	210	30	17%	25%	0.69	3
NO PROPORCIONADO	5		0%	0%		2
OTROS	3		0%	0%		2
SECTOR PRIVADO	715	74	59%	61%	0.96	4
	1,221	121	100%	100%		

El tipo de empresa donde se labora tuvo un mejor riesgo para empleados que laboran para el gobierno, contrariamente a lo que se suele pensar, ya que el sector privado tuvo un riesgo casi de 1 a 1 en proporción de vigentes versus vencidos, mientras que propietarios de negocios se ubicó dentro del peor riesgo. Sin embargo, a pesar de que empleados del sector privado representan un peor riesgo, ellos concentran el 59% del mercado de créditos hipotecarios, mientras que empleados del sector gobierno sólo tienen menos de la mitad de mercado con un 22%, y casi el mismo nivel de mercado lo tienen los propietarios de negocios con un 18%.

## vii) Ocupación

Ocupación	DISTRIBUCION		% SOBRE POBL.		Oportunidad	CLASE
	vigente	vencido	vigente	Vencido	vigente	
Chofer	3	1	0%	1%	0.30	1
Ejecutivo	19	2	2%	2%	0.94	2
Trabajador no especializado	2	2	0%	2%	0.10	1
Semiprofesional	24	3	2%	2%	0.79	2
Vendedor	16	5	1%	4%	0.32	1
Dueño negocio propio, comercio	143	16	12%	13%	0.89	2
Emplegado	255	23	21%	19%	1.10	3
Gerente	251	23	21%	19%	1.08	3
Profesional	489	46	40%	38%	1.05	3
Estudiante	1		0%	0%		1
Guardia de seguridad	1		0%	0%		1
Militar	1		0%	0%		1
Obrero	1		0%	0%		1
Oficial militar	2		0%	0%		1
Otras ocupaciones	1		0%	0%		1
Retirado	1		0%	0%		1
Servicios	2		0%	0%		1
Trabajador técnico	9		1%	0%		1
	1,221	121	100%	100%		

Esta variable es de las más complicadas en el sentido de que la gama de ocupación o de rol dentro del trabajo es muy variada, es por ello que se agrupó a todas las profesiones tales que en la individual no representarán más del 1% de la población, por lo que chofer, estudiante, guardia de seguridad, etcétera, fueron agrupados en una misma clase; consistentemente con la tabla de tipo de empresa los dueños de negocios representaron un peor riesgo que los asalariados.

El 81% de la población se clasificó dentro de un mismo rango para aquellas que respondieron ser empleado, gerente o profesional, ellos en su conjunto representan el mejor riesgo y las diferencias de sus propias clases son mínimas entre sí.

viii) Edad del coacreditado

EDAD		DISTRIBUCION		% SOBRE POBL.		Oportunidad	CLASE
inferior	superior	vigente	vencido	Vigente	vencido	vigente	
18	22	17	1	1%	1%	1.68	3
23	27	94	7	8%	6%	1.33	2
28	32	85	8	7%	7%	1.05	1
33	37	52	5	4%	4%	1.03	1
38	42	34	0	3%	0%		4
43	47	23	0	2%	0%		4
48	52	19	2	2%	2%	0.94	1
53	57	15	1	1%	1%	1.49	2
58	100	21	0	2%	0%		4
Sin coacreditado		861	97	71%	80%	0.88	1
		1,221	121	100%	100%		

El 71% de la población obtuvo el crédito sin participar con un coacreditado, esto es significativo desde que polifocos de los bancos debieran buscar preferentemente asociar un coacreditado en los contratos desde que representan un mayor riesgo este tipo de contratos y abarca más de dos terceras parte de la población.

Del 29% restante de la población, es decir la población que firmó con coacreditado, el 74% está en el rango de edad de 23 a 42 años, mientras que el mejor riesgo está en el rango de edad de los 38 a 47 años y de 58 años o más, lo anterior es correlacionado aifamente con la edad del solicitante ya que los mejores riesgo en esta variable está ubicado entre los 38 y 42 años y 48 a 52 años, pudiendo tener estos rangos alguna relación de estado marital con los rangos de coacreditados de 38 a 47 años, mientras que los coacreditados de más de 58 años representan un buen riesgo debido posiblemente a que son padres de los acreditados a quienes apoyan económicamente.

ix) Referencias de cuentas bancarias

Cuenta de cheques	DISTRIBUCION		% SOBRE POBL.		Oportunidad	CLASE
	vigente	vencido	vigente	Vencido	vigente	
NO	416	64	34%	53%	0.64	1
SI	805	57	66%	47%	1.40	2
	1.221	121	100%	100%		

En esta variable es claro que es mucho mejor riesgo otorgar crédito a aquellos que poseen cuentas de cheques que a quienes no, ya que además de que representan un menor nivel de riesgo concentran el 64% de la población.

x) Propósito del préstamo: esta variable fue desechada ya que la respuesta era la misma, adquisición de vivienda nueva, por lo que no era significativa para la distribución de vigentes y vencidos.

xi) Tipo de propiedad

Tipo de garantía	DISTRIBUCION		% SOBRE POBL.		Oportunidad	CLASE
	vigente	vencido	vigente	vencido	vigente	
CASA EN CONDOMINIO	287	22	24%	18%	1.29	2
CASA SOLA	523	74	43%	61%	0.70	1
DEPARTAMENTO EN CONDOMINIO	411	25	34%	21%	1.63	3
	1,221	121	100%	100%		

El tipo de garantía hipotecaria es significativo en el sentido de que el banco concentra el 68% de sus préstamos en casas, de los cuales el 65% son casas solas y el 35% restante se encuentran en condominio, más aún cuando este 68% es peor riesgo que el representado por préstamos para departamento en condominio, esto posiblemente se debe a que los montos para las casas hacen el adeudo más cuantioso y por ello más difícil de pagar o bien por el tipo de amortización planteado para este tipo de créditos.

## V. Resultados y Conclusiones

### Introducción.

Este capítulo revisa los resultados que arroja el análisis multivariado de discriminantes mediante el uso del paquete estadístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences), en ellos podremos observar el comportamiento de las variables con su interrelación.

Las matrices de covarianza y correlación de las poblaciones y entre las poblaciones son descritas y analizadas según su comportamiento, y finalmente el resultado ingenuo de obtener una probabilidad a priori de 50% créditos satisfactorios e insatisfactorios es comparada con los resultados de clasificación que arroja el análisis de discriminantes del SPSS.

A su vez el análisis por el costo en el error de clasificación en que se incurre es estimado a fin de proporcionar una regla óptima de clasificación que considere factores de costo.

### 5.1 Obtención de la regla de clasificación.

Los resultados que arroja el análisis de discriminantes para la muestra es el siguiente:

Número de casos por grupo

Número de casos

VENCIDO	92
VIGENTE	1,250
TOTAL	1,342

	MEDIAS DE LOS GRUPOS			DESVIACION ESTANDAR DE LOS GRUPOS		
	VIGENTE	VENCIDO	TOTAL	VIGENTE	VENCIDO	TOTAL
EDAD	3.1296	2.9239	3.1155	0.7040	0.6990	0.7053
EDO. CIV.	2.7576	2.5761	2.7452	0.5684	0.5593	0.5695
NO. DEP.	2.0616	1.8478	2.0469	1.0626	0.9827	1.0583
TIPO VIVIENDA	1.9496	1.8696	1.9441	0.7496	0.7591	0.7503
ANTIGÜEDAD	2.7392	2.4348	2.7183	1.1108	0.8161	1.0956
OCUPACION	3.7792	3.6630	3.7712	0.4974	0.6509	0.5100
EMPRESA	4.0400	3.8261	4.0253	0.6708	0.6395	0.6707
COACRE-DITADO	1.3024	1.0978	1.2884	0.7830	0.3335	0.7624
TIPO DE PRESTAMO	1.9008	1.5978	1.8800	0.8711	0.7992	0.8694
CUENTA DE CHEQUES	1.6560	1.4565	1.6423	0.4752	0.5008	0.4795

A continuación se muestra la matriz de covarianza con 1340 grados de libertad entre las variables:

MATRIZ DE COVARIANZA ENTRE LAS VARIABLES CON 1340 GRADOS DE LIBERTAD

VARIABLE	EDAD	EDO. CIV.	NO. DEP.	TIPO VIVIENDA	ANTI-GÜEDAD	OCUPACION	EMPRESA	COACREDITADO	TIPO DE PRESTAMO	CUENTA DE CHEQUE
EDAD	0.4951									
EDO. CIV.	0.0234	0.3224								
NO. DEP.	0.0955	0.2311	1.1180							
TIPO VIVIENDA	0.0121	(0.0264)	(0.0298)	0.5629						
ANTI-GÜEDAD	0.1390	0.0194	0.1516	0.1006	1.1952					
OCUPACION	(0.0079)	(0.0187)	(0.0199)	(0.0231)	(0.0101)	0.2594				
EMPRESA	0.0263	(0.0192)	0.0153	(0.0512)	0.1142	0.1176	0.4472			
COACREDITADO	(0.0263)	0.0197	0.0097	0.0382	0.0818	(0.0063)	0.0384	0.5790		
TIPO DE PRESTAMO	0.0069	0.0039	(0.0410)	(0.0359)	(0.0024)	0.0240	0.0295	(0.0089)	0.7506	
CUENTA DE CHEQUES	(0.0001)	(0.0145)	(0.0023)	(0.0039)	(0.0316)	0.0031	(0.0295)	(0.0053)	0.0263	0.2275

A continuación se muestra la matriz de correlación para los grupos vigente y vencido, en donde cabe destacar que la mayor correlación se da entre "Número de dependientes" y "Estado civil", mientras que la menor correlación se da entre "Edad" y "Cuenta de cheques":

MATRIZ DE CORRELACION ENTRE GRUPOS VIGENTE Y VENCIDO

VARIABLE	EDAD	EDO. CIV.	NO. DEP.	TIPO VIVIENDA	ANTI-GÜEDAD	OCUPACION	EMPRE-SA	COA-CREDI-TADO	TIPO DE PRESTA-MO	CUENTA DE CHEQUE
EDAD	1.0000									
EDO. CIV.	0.0585	1.0000								
NO. DEP.	0.1283	0.3850	1.0000							
TIPO VIVIENDA	0.0230	{0.0619}	{0.0376}	1.0000						
ANTI-GÜEDAD	0.1807	0.0312	0.1312	0.1226	1.0000					
OCUPACION	{0.0221}	{0.0646}	{0.0370}	{0.0605}	{0.0181}	1.0000				
EMPRE-SA	0.0560	{0.0504}	0.0216	{0.1020}	0.1562	0.3454	1.0000			
COACRE-DITADO	{0.0492}	0.0457	0.0121	0.0670	0.0984	{0.0164}	0.0755	1.0000		
TIPO DE PRESTAMO	0.0113	0.0080	{0.0448}	{0.0552}	{0.0026}	0.0544	0.0509	{0.0135}	1.0000	
CUENTA DE CHEQUES	{0.0002}	{0.0535}	{0.0046}	{0.0108}	{0.0607}	0.0129	{0.0924}	{0.0146}	0.0636	1.0000

Mientras que la matriz de covarianza para los créditos vencidos es la siguiente:

MATRIZ DE COVARIANZA CREDITOS VENCIDOS

VARIABLE	EDAD	EDO. CIV.	NO. DEP.	TIPO VIVIENDA	ANTI-GÜEDAD	OCUPACION	EMPRE-SA	COA-CREDI-TADO	TIPO DE PRESTA-MO	CUENTA DE CHEQUE
EDAD	0.4887									
EDO. CIV.	0.0333	0.3128								
NO. DEP.	{0.0227}	0.2095	0.9656							
TIPO VIVIENDA	{0.0540}	{0.0999}	{0.1080}	0.5762						
ANTI-GÜEDAD	0.0994	0.0764	0.0889	0.0463	0.6660					
OCUPACION	{0.0039}	{0.0565}	{0.0409}	{0.0225}	0.0822	0.4237				
EMPRE-SA	{0.0134}	{0.0196}	0.0282	{0.0339}	0.0105	0.1605	0.4090			
COACRE-DITADO	0.0405	0.0309	0.0260	0.0129	0.0229	0.0223	0.0067	0.1112		
TIPO DE PRESTAMO	0.0240	0.0364	{0.1058}	{0.0860}	{0.0650}	0.0498	{0.0597}	{0.0267}	0.6387	
CUENTA DE CHEQUES	{0.0308}	{0.0022}	{0.0067}	{0.0057}	0.0191	0.0566	{0.0516}	{0.0122}	0.0757	0.2508

Y la matriz de covarianza para los créditos vigentes tiene la siguiente forma:

MATRIZ DE COVARIANZA CREDITOS VIGENTES

VARIABLE	EDAD	EDO. CIV.	NO. DEP.	TIPO VIVIENDA	ANTIQUEDAD	OCUPACION	EMPRESA	COACREDITADO	TIPO DE PRESTAMO	CUENTA DE CHEQUE
EDAD	0.4956									
EDO. CIV.	0.0226	0.3231								
NO. DEP.	0.1041	0.2327	1.1291							
TIPO VIVIENDA	0.0169	(0.0210)	(0.0241)	0.5619						
ANTIQUEDAD	0.1419	0.0152	0.1562	0.1045	1.2338					
OCUPACION	(0.0082)	(0.0159)	(0.0184)	(0.0231)	(0.0168)	0.2474				
EMPRESA	0.0292	(0.0191)	0.0143	(0.0524)	0.1217	0.1145	0.4500			
COACREDITADO	(0.0312)	0.0189	0.0086	0.0401	0.0861	(0.0084)	0.0407	0.6130		
TIPO DE PRESTAMO	0.0057	0.0016	(0.0363)	(0.0322)	0.0021	0.0221	0.0360	(0.0076)	0.7588	
CUENTA DE CHEQUES	0.0022	(0.0154)	(0.0020)	(0.0037)	(0.0353)	(0.0008)	(0.0279)	(0.0048)	0.0227	0.2258

A continuación se muestra la matriz de covarianza con 1341 grados de libertad entre las variables:

MATRIZ DE COVARIANZA ENTRE LAS VARIABLES CON 1341 GRADOS DE LIBERTAD

VARIABLE	EDAD	EDO. CIV.	NO. DEP.	TIPO VIVIENDA	ANTIQUEDAD	OCUPACION	EMPRESA	COACREDITADO	TIPO DE PRESTAMO	CUENTA DE CHEQUE
EDAD	0.4975									
EDO. CIV.	0.0257	0.3243								
NO. DEP.	0.0982	0.2334	1.1201							
TIPO VIVIENDA	0.0132	(0.0254)	(0.0287)	0.5679						
ANTIQUEDAD	0.1429	0.0229	0.1557	0.1021	1.2002					
OCUPACION	(0.0064)	(0.0173)	(0.0183)	(0.0225)	(0.0078)	0.2601				
EMPRESA	0.0291	(0.0167)	0.0182	(0.0500)	0.1183	0.1191	0.4498			
COACREDITADO	(0.0236)	0.0221	0.0126	0.0392	0.0858	(0.0048)	0.0412	0.5812		
TIPO DE PRESTAMO	0.0109	0.0074	(0.0369)	(0.0343)	0.0035	0.0262	0.0336	(0.0049)	0.7559	
CUENTA DE CHEQUES	0.0026	(0.0122)	0.0004	(0.0029)	(0.0277)	0.0046	(0.0267)	(0.0027)	0.0301	0.2299

El análisis de discriminantes arroja los siguientes resultados según los grupos definidos como vigente y vencido, con las probabilidades a priori para cada grupo de 50% según los coeficientes de la función de clasificación mediante función lineal discriminante de Fisher son:

COEFICIENTES DE CLASIFICACION DE LA FUNCION LINEAL DISCRIMINANTE

VARIABLE	VENCIDO	VIGENTE
EDAD	5.1959	5.5230
EDO. CIV.	9.6954	10.2738
NO. DEP.	(0.5608)	(0.5206)
TIPO VIVIENDA	4.6456	4.8394
ANTIQUEDAD	0.5979	0.7535
OCUPACION	12.4152	12.7241
EMPRESA	6.1081	6.5050
COACREDITADO	1.2418	1.5461
TIPO DE PRESTAMO	1.3326	1.6869
CUENTA DE CHEQUES	7.6714	8.6236
CONSTANTE	(67.0868)	(75.6481)

mientras que los coeficientes canónicos estandarizados toman la siguiente forma:

#### COEFICIENTES CANONICOS ESTANDARIZADOS

VARIABLE	COEF.
EDAD	0.2705
EDO. CIV.	0.3860
NO. DEP.	0.0499
TIPO VIVIENDA	0.1709
ANTIGÜEDAD	0.2000
OCUPACION	0.1849
EMPRESA	0.3119
COACREDITADO	0.2720
TIPO DE PRESTAMO	0.3608
CUENTA DE CHEQUES	0.5338

La estructura de la matriz, correlaciones agrupadas de los grupos entre las variables discriminantes y las funciones canónicas discriminantes (variables ordenadas por el tamaño de correlación en la función):

CUENTA DE CHEQUES	.49144
TIPO DE PRESTAMO	.41097
EMPRESA	.37593
EDO. CIV.	.37568
EDAD	.34352
ANTIGÜEDAD	.32723
COACREDITADO	.31596
OCUPACION	.26801
NO. DEP.	.23760
TIPO DE VIVIENDA	.12537

de esto cabe destacar que el tener una cuenta de cheques es una variable altamente significativa en la función, mientras que el tipo de vivienda que se adquiere no lo es, de igual forma el número de dependientes y el tipo de vivienda no tienen un alto impacto en la fórmula.

Mientras que los coeficientes de la función canónica discriminante son los siguientes

**COEFICIENTES FUNCION CANONICA DISCRIMINANTE**

VARIABLE	COEF.
EDAD	0.3844
EDO. CIV.	0.6797
NO. DEP.	0.0472
TIPO VIVIENDA	0.2278
ANTIGÜEDAD	0.1829
Ocupacion	0.3630
EMPRESA	0.4665
COACREDITADO	0.3575
TIPO DE PRESTAMO	0.4164
CUENTA DE CHEQUES	1.1190
CONSTANTE	(10.4283)

Las funciones canónicas discriminantes evaluadas en las medias de los grupos (centroides de grupo) tienen los siguientes valores:

Grupo	Func 1
VENCIDO	-.79259
VIGENTE	.05833

La prueba de igualdad de las matrices de covarianza de los grupos usando el método Box's M, da los rangos y logaritmos naturales de los determinantes de las matrices de covarianza de los grupos siguiente:

Grupo	Rango	Logaritmo del Determinante
VENCIDO	10	-9.569017
VIGENTE	10	-7.016184
AMBOS GRUPOS	10	-7.073084

Box's M	Aproximada F	Grados de libertad	Significancia
156.06233	2.72684	55,	80627.2 .0000

Matrices de covarianza de los grupos de las funciones canónicas discriminantes, notese por comparación que la matriz de covarianza de ambos grupos de las funciones canónicas discriminantes es la matriz identidad.

Grupo	Func 1
VENCIDO	.93989
VIGENTE	1.00438

La prueba de igualdad de la covarianza de las funciones discriminantes, da los rangos y logaritmos naturales de los determinantes de las matrices de las funciones canónicas discriminantes:

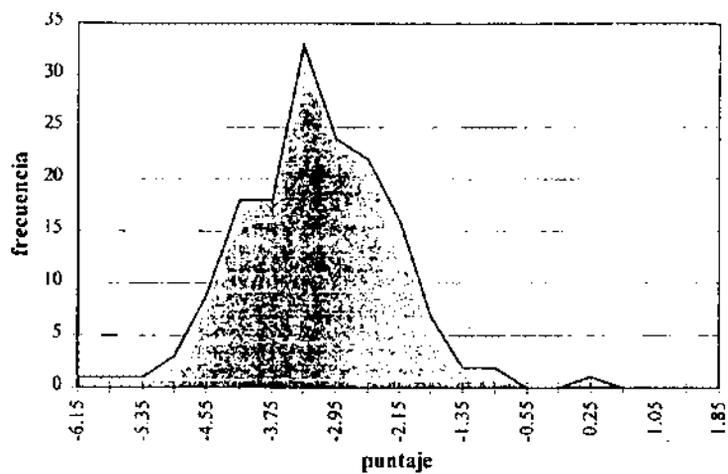
Grupo	Rango	Logaritmo del Determinante
VENCIDO	1	-.061997
VIGENTE	1	.004370
AMBOS GRUPOS	1	.000000

Box's M	Aproximada F	Grados de libertad	Significancia
.18327	.18260	1,	221390.8 .6692

# Histograma para el grupo vencido

Función canónica discriminante

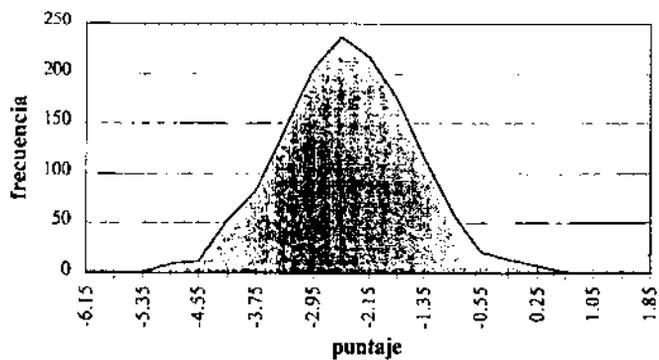
## Distribución por puntaje créditos vencidos



Histograma para el grupo VIGENTE

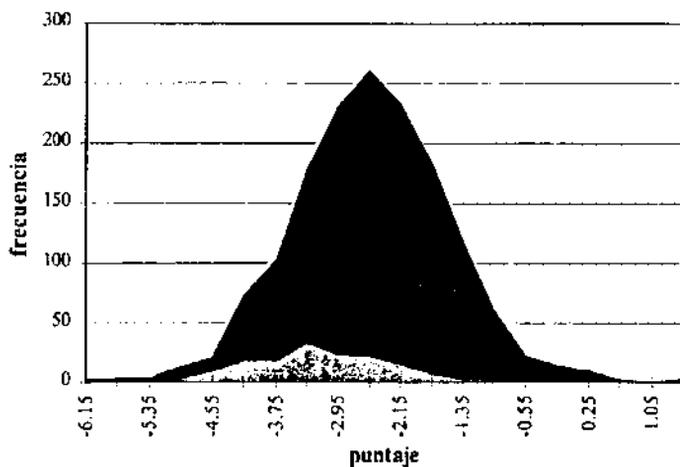
Función canónica discriminante

Distribución por puntaje  
créditos vigentes



Histograma de ambos grupos apilados

Distribución por puntaje



Resultados de la clasificación:

Grupo Actual	No. de Casos	Pertenenencia al grupo predicha	
		VENCIDO	VIGENTE
VENCIDO	92	58 63.0%	34 37.0%
VIGENTE	1,250	424 33.9%	826 66.1%

Porcentaje de casos correctamente agrupados en la clasificación: 65.87% , las implicaciones de estos resultados nos llevan a una mejor implicación que el ingenuo 50% del que se parte como la probabilidad a priori del comportamiento de un crédito.

Más aún este algoritmo es mejorado si se utiliza la regla óptima de clasificación mostrada en el capítulo III, para lo cual sería necesario evaluar los costos de clasificación errónea de esta muestra, dicho análisis se desarrollará en el siguiente subtema.

## 5.2 Análisis de costos por error de asignación.

Derivado del subtema anterior se obtuvo la regla de clasificación por análisis de discriminantes, que a continuación se muestra:

$$f(x) = \text{Edad}(.3844) + \text{Edo. Civ.}(.6797) + \text{No. Dep.} (.0472) + \text{Tipo vivienda}(.2278) + \\ \text{Antigüedad}(.1829) + \text{Ocupación}(.3630) + \text{Empresa}(.4665) + \\ \text{Coacreditado}(.3575) + \text{Tipo de préstamo}(.4164) + \\ \text{Cuenta de Cheques}(1.1190) - 10.4283$$

de la fórmula anterior obtenemos un puntaje para cada uno de los créditos, dicho puntaje fue graficado en el subtema anterior, y tiene como cota inferior -6.1339 y como cota superior 1.5546.

La siguiente preocupación consiste en donde ubicar la frontera entre aceptación y rechazo de los créditos que maximice las utilidades, esto es, incluyendo el costo por error de asignación, supongamos los siguientes criterios por costo de error de asignación:

Error I rechazar un crédito que debe estar dentro de la muestra de créditos satisfactorios. este tipo de error cuesta en el sentido de que son créditos de los que se obtienen ganancias y que si no se otorgan es un margen que se deja de percibir, y desde que los recursos que un banco presta no son realmente suyos sino de los depositantes se deja de colocar el dinero y eso deja de generar ganancias.

Supongamos que la tasa a la que obtiene los fondos el banco es la TIEE (Tasa interbancaria de equilibrio) y los gastos por administración son nulos, el margen que obtiene el banco por un préstamo hipotecario es del 6%, dada esta hipótesis, el interés que genera un crédito con comportamiento satisfactorio es de 25.64 unidades por cada 100 otorgadas en préstamo durante un período de 20 años y con intereses

pagaderos mensualmente, lo anterior se obtiene al realizar una tabla de amortización de 20 años con pagos mensuales fijos, y los intereses que se pagan durante cada periodo son traídos a valor presente a una tasa anual del 20%.

Esto es, bajo la premisa de un interés anual del 20% y con un margen de 6% anual, el ingreso que se dejaría de generar de no otorgar créditos sería de 25.64 unidades por cada 100 dadas en préstamo, veamos a continuación sobre las mismas bases anuales que pasa con los créditos de comportamiento insatisfactorio.

Error II aceptar un crédito que debe estar dentro de la muestra de créditos con comportamiento insatisfactorio, este tipo de error cuesta desde que no se obtiene el flujo de retorno esperado y lleva ciertos gastos inherentes en la recuperación de un bien.

Supongamos que los créditos con comportamiento insatisfactorio son aquellos que realizan sus pagos puntualmente durante un promedio de dos años, sin embargo dejan de pagar a partir de la mensualidad 27 y no van a seguir pagando, supongamos también que el departamento legal tarda tres años en recuperar el bien otorgado en garantía, además los gastos por obtener la posesión del inmueble y los gastos asociados por los trámites jurídicos para el mismo disminuyen el valor del bien en un tercio de su valor, y que a su vez el capital que continúa vigente en el crédito está fondeado a una tasa del 20% anual.

Lo anterior nos lleva a los siguientes resultados, el ingreso generado por el margen de los intereses cobrados ya traídos a valor presente es equivalente a 9.48 unidades por cada 100 otorgadas en préstamo, a su vez, el capital que alcanza a pagar el crédito es de 5.60 unidades, lo que implica que 94.40 unidades necesitan seguir fondeándose al 20% anual lo que genera durante cada uno de los tres años en que el banco se apropia del bien intereses anuales por 18.88 que traídos a valor presente son 27.62 unidades.

Ahora bien, desde que el bien se recupera en dos tercios de su valor es claro que el tercio restante se pierde en gastos legales y administrativos, por lo que de 100 unidades 33.33 se pierden pero ya que se ha pagado capital por 5.60 unidades, sólo se pierden 27.73 unidades en el año 5.

De lo anterior se tiene que el error II tiene el siguiente costo:

Margen durante 2 años	9.48
Fondeo del capital remanente del préstamo durante 3 años	(27.61)
Pérdida por disminución del valor del bien debido a gastos	(27.73)

**Costo por el error de asignación II (45.86)**

De tal manera, que según el ejercicio anterior el costo por el error tipo I el banco deja de ingresar 25.64 unidades y por incurrir en el error de tipo II el banco tiene una pérdida de 45.86 unidades, en ambos casos unidades de cada 100 otorgadas en préstamo.

De lo anterior y de la distribución por puntaje de los créditos se crea la tabla que se muestra a continuación y de la cual cabe resaltar, que el margen esperado se maximiza desde la cota del puntaje -4.55, ya que si se coloca la frontera de rechazo en este punto, en todos los créditos que se otorgan se disminuye una pérdida de 47 unidades.

limite inferior	créditos acumulados		costo por		margen esperado
	vencidos	vigente	aceptación vencidos	Rechazo vigentes	
(6.15)	1	1	46	26	(20)
(5.75)	2	2	92	51	(40)
(5.35)	3	3	138	77	(61)
(4.95)	6	13	275	333	58
<b>(4.55)</b>	15	<b>25</b>	688	<b>641</b>	<b>(47)</b>
(4.15)	33	79	1,513	2,026	512
(3.75)	51	163	2,339	4,179	1,840
(3.35)	84	307	3,852	7,871	4,019
(2.95)	108	513	4,953	13,153	8,200
(2.55)	130	751	5,962	19,256	13,294
(2.15)	146	968	6,696	24,820	18,124
(1.75)	153	1,144	7,017	29,332	22,316
(1.35)	155	1,261	7,108	32,332	25,224
(0.95)	157	1,321	7,200	33,870	26,670
(0.55)	157	1,343	7,200	34,435	27,235
(0.15)	157	1,358	7,200	34,819	27,619
0.25	158	1,366	7,246	35,024	27,778
0.65	158	1,367	7,246	35,050	27,804
1.05	158	1,367	7,246	35,050	27,804
1.45	158	1,369	7,246	35,101	27,855
1.85	158	1,369	7,246	35,101	27,855

De la tabla anterior se desprende que el comportamiento de esta distribución tiene un margen esperado de 27,855 unidades, suponiendo que cada uno de los créditos fue otorgado por 100 unidades, pero al hacer el análisis de costos es claro que al mover la frontera de aceptación a los -4.55 puntos el margen aumenta en 47 unidades.

Gráficamente el corte de la nueva frontera quedaría como lo muestra la figura a continuación:

## Distribución por puntaje

frecuencia

300

250

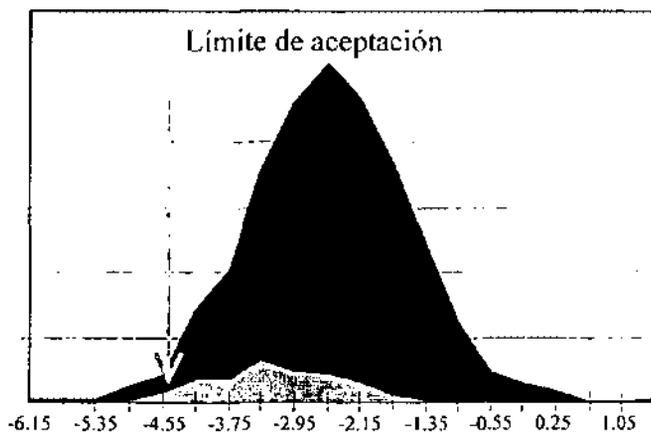
200

150

100

50

0



puntaje

### 5.3 Conclusiones

El objetivo de este trabajo fue el de analizar la metodología de desarrollo de un modelo de decisión para la evaluación de otorgamiento por la banca comercial de créditos al consumo y aplicarla específicamente a créditos hipotecarios, a fin de tener una idea clara de la solución que presenta la técnica de estadística multivariada en la elección de riesgos.

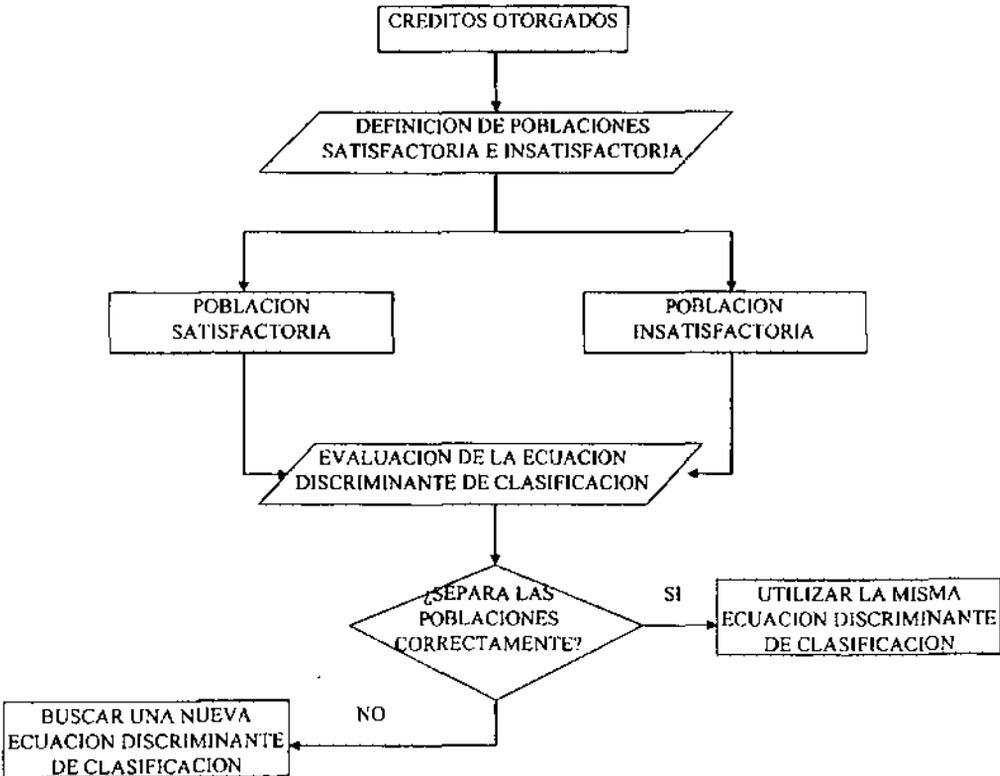
En la población analizada es claro que el comportamiento de las poblaciones satisfactorias y no satisfactorias están traslapadas entre sí, por lo que, obtener un mejor estimador implica la búsqueda de nuevas variables cuya significancia en la explicación del comportamiento de las poblaciones las distinga y separe con mayor eficacia.

Por otra parte, es de notar que el método utilizado es altamente sensible a la forma de distribución de los datos, por lo cual, es necesario realizar un examen de calidad a los mismos en cuanto a la información que contienen y después analizar la forma de distribución de la muestra.

Los resultados obtenidos deben ser utilizados sobre una muestra de prueba para evaluar la potencia de los resultados, ya que es esta última prueba la que determinará la factibilidad del uso de la fórmula o implicara realizar una nueva metodología o bien la exploración de nuevas variables que arrojen información significativo al análisis, deben ser considerados por ejemplo, la variable flujo mensual neto (descontando al ingreso bruto los gastos a que habitualmente realiza el solicitante del crédito) entre el monto de la línea de crédito solicitada, otra variable que podría tener significancia sería el conocer el monto de crédito otorgado.

Por otra parte, el cambiante entorno obliga una evaluación sistémica y dirigida constantemente a obtener la mayor información posible del mercado que se está adquiriendo, esto es, es posible que una mejora en el entorno económico abra la posibilidad de otorgar créditos a quienes eran rechazados o por el contrario un mercado adverso implicaría rechazar solicitudes de crédito que en otros momentos eran aceptadas.

Lo anterior es posible con un sistema inteligente que sigue el comportamiento de cada nuevo crédito que se otorga y evalúa periódicamente los créditos ya otorgados de manera que la evaluación pueda ser sensible al desarrollo de la economía de mercado en que se desenvuelve.



De esta forma no sólo se puede probar continuamente la efectividad de un sistema para la evaluación de crédito, sino que variables sensibles a los cambios económicos pueden ser incluidas y analizadas en estudios más profundos, por ejemplo, el que un solicitante de crédito tenga un empleo que pertenece a un sector específico de la economía tendrá correlacionado que la estabilidad en su empleo dependa de la evolución del sector al que pertenezca.

En el caso de la muestra utilizada para el análisis es obvio que las poblaciones satisfactoria e insatisfactoria estaban mezcladas en gran parte por lo que los beneficios de modificar la cota de aceptación no fueron tan notorios, sin embargo una muestra con mayor información de cada una de las poblaciones puede llevar a resultados más claros en cuanto a la magnitud del beneficio que representa realizar este análisis.

Ahora bien, en el caso hipotecario en particular, como resultado de altos flujos de capital en nuestro país a partir de 1990 y hasta 1994 el crédito hipotecario otorgado por la banca comercial se expandió grandemente, lo anterior es claro si observamos la tabla de la página 24 donde se muestra que a partir de 1992 en sólo 2 años el monto otorgado en crédito casi se duplica, sin embargo una consecuencia del nuevo escenario económico en México a partir de 1995 ha sido una gran contracción del mercado hipotecario y gran inestabilidad laboral, lo que ha implicado un alto índice de morosidad, esta tendencia sugiere una necesidad urgente de establecer e implementar técnicas más eficientes para evaluar la voluntad de pago de acreditados hipotecarios en particular y en lo general para cualquier solicitante a algún crédito.

Estas peculiares condiciones generan una oportunidad para el desarrollo y aplicación de técnicas estadísticas que involucran una experiencia pasada que se tiene como premisa básica para el comportamiento futuro de las poblaciones, con esto es clara que, los fundamentos actuariales de riesgo, estadística y finanzas se pueden conjuntar para establecer nuevos y más amplios modelos que permitan un desarrollo más extenso en el mercado de crédito al consumo.

Es de notar entonces que se puede establecer una analogía entre la actividad aseguradora y la actividad bancaria de créditos al consumo, ya que en la actividad aseguradora las primas se calculan de acuerdo a los diferentes tipos de riesgo, por ejemplo, en el seguro de daños la prima depende de la clasificación industrial, análogamente el crédito al consumo podría seguir la misma premisa en el sentido de utilizar tablas que mostraran los costos de manejar diversos tipos de riesgo y calcula la prima de acuerdo a ellas, de tal manera que se cobraran distintos tipos de comisión y/o interés de acuerdo al tipo de riesgo.

Ahora bien la razón por la cual no se tienen tablas de experiencia crediticia equivalentes a las tablas actuariales de seguros es por que en el negocio bancario la mayor parte de los acreditados pagan sus obligaciones con un margen importante que permite absorber los costos de aquellos acreditados que no pagan, sin embargo la actual crisis iniciada en diciembre de 1994 obligó a muchos acreditados a incumplir con sus obligaciones de pago por insolvencia económica, pero es de notar que está no fue la única razón ya que se extendió la cultura del "no pago", siendo esta última razón por la cual es importante que en un futuro cercano se evalúe no sólo la solvencia económica ante condiciones adversas sino también la solvencia moral expresada en el término subjetivo de la voluntad de pago que los solicitantes de crédito pudieran observar.

Es así que tablas de experiencia actuarial en cuanto a la actividad crediticia pudieran ser construidas y ofrecer con ello una herramienta que exprese el riesgo en términos numéricos, tal que con los datos históricos se pueda generar una estimación precisa de los riesgos a los que se expone el otorgante de crédito.

Esta utilidad de conocer el nivel de riesgo que se enfrenta proporciona al otorgante de crédito una herramienta para la revisión continua de sus políticas de crédito de acuerdo a los resultados que desee obtener, esto es, imponer una cota de aceptación superior a la actual implicará un menor volumen de negocio que a su vez

lleva asociado menores gastos por concepto de cobranza y menor cartera vencida, por otra parte, imponer un coto de aceptación inferior a la actual tendrá como resultado posible un incremento en el volumen del negocio y sus costos asociados.

La anterior cobra importancia desde que dada la experiencia reciente de incumplimiento de pago masivo el otorgamiento de crédito se ha contraído, esto es, los oferentes de crédito se han vuelto conservadores en sus políticas y sólo otorgan crédito a clientes que juzgan presentan riesgos muy bajos, sin embargo la determinación del riesgo se sigue dando de manera subjetiva o bien con modelos estáticos que no proporcionan una evaluación consistente del nivel de riesgo.

Aunque no sólo el nivel de riesgo determina que se otorgue el crédito, ya que, puede darse que riesgos altos puedan ser observados si los costos administrativos son bajos y el margen que proporcionan los créditos satisfactorios son suficientes para cubrir los costos de los créditos insatisfactorios, es así que un estudio más profundo debiera considerar los costos asociados y determinar no sólo el nivel óptimo de aceptación de riesgo sino también el nivel óptimo del volumen del negocio.

Por otra parte la herramienta de estadística multivariada en el sector financiero tiene como una aplicación práctica la decisión en el otorgamiento de crédito, pero la aplicación en otras ramas del sector debieran ser exploradas para el ofrecimiento de nuevos productos y establecer una segmentación de mercado de tal manera que en base a los datos de nivel de riesgo le puedan ser ofrecidos al acreditado más y mejores servicios de acuerdo a su perfil.

Por ejemplo, el saber que los clientes con niveles de riesgo pueden ser una muy buena opción para la promoción de tarjeta de crédito optimiza los gastos de publicidad y promoción, ya que estos últimos se enfocan al segmento de mercado que puede adquirir el producto y que tiene una necesidad del mismo puesto que clientes con niveles de riesgo bajo seguramente tendrán ya varias tarjetas.

Finalmente, el desarrollo de la actuaria se puede dar en campos de aplicación no tradicionales en los que se necesita la innovación que favorezca la optimización de los recursos; como resultado de este trabajo es de notar que, el crédito al consumo debiera ser otorgado a la mayor población posible con los límites adecuados que permitan el crecimiento y generación de este mercado, por lo que, una mejora continúa en la aplicación de estas técnicas tendrá como resultado un beneficio para la sociedad.

## Bibliografía

Beard, R.E., I. Pentikainen, E. Pesonen. Risk Theory, Wilmer Brothers Limited 1969.

Canavos, George C. Probabilidad y estadística aplicaciones y métodos, McGraw-Hill 1988.

Cohen, K.J., T.G. Gilmore y F.A. Singer. Bank procedures for analyzing business loan applications, Irwin 1966.

Comisión Nacional Bancaria y de Valores. Boletín estadístico de Banca Múltiple, tomo XLI, número 571, 1996.

Durand, David. Risk elements in consumer installment lending, Studies in Consumer Installment Financing no. 8, National Bureau of Economic Research Inc 1941.

Fisher, Robert A. The statistical utilization of multiple measurements, Annals of Eugenics, volumen 8, 1938.

Flanery, Mark J. Handbook for banking strategy, John Wiley 1985.

González de Salceda, Luis M. A credit risk assessment model for dairy farm borrowers in Mexico, Tesis de Doctorado en Economía Agrícola University of Illinois 1997.

Jobson, J.D. Applied multivariate analysis Vol. II Categorical & Multivariate Methods, Springer - Verlag NY Inc. 1992.

Johnston, J. Econometric methods, McGraw-Hill 1960 segunda edición.

Kendall, Sir Maurice. *Multivariate Analysis*. Charles Griffin & Company Limited, London 1975.

Lewis, Edward M. *An introduction to credit scoring*, The Athena Press 1992 segunda edición.

Ley de Instituciones de Crédito.

Meyer, Paul L. *Probabilidad y aplicaciones estadísticas*. Adisson-Wesley Iberoamericana 1986.

New England Banking Institute. *The Fundamentals in banking*, Ginn Press 1991 segunda edición.

Sayers, R.S. *Modern Banking*, Oxford Clarendon Press 1960 quinta edición.

Sinkey Jr., Joseph F. *Comercial bank financial management*, Macmillan Publishing Company 1986 segunda edición.