



Fijación de tasas de interés en créditos de consumo en entidades de economía solidaria con consideración del riesgo de impago del prestatario

Ana Sofía Perhueva Gómez
Sara Isabela Salinas Gómez

Universidad del Valle
Facultad de Ingeniería, Escuela de Estadística
Santiago de Cali, Colombia
2024

Fijación de tasas de interés en créditos de consumo en entidades de economía solidaria con consideración del riesgo de impago del prestatario

Ana Sofía Perhueva Gómez
Sara Isabela Salinas Gómez

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Estadístico

Director:
Ph.D. Jaime Mosquera Restrepo
Codirector:
M.Sc. Ivan Mauricio Bermudez Vera

Universidad del Valle
Facultad de Ingeniería, Escuela de Estadística
Santiago de Cali, Colombia
2024

El logro de metas requiere persistencia,
consistencia y un enfoque inquebrantable.

— Zig Ziglar

La mejora continua es mejor
que la perfección postergada.

— Mark Twain

Agradecimientos

A mis padres y a mi hermana, por su amor incondicional y por estar en cada momento de este camino acompañándome y animándome. A mis amigos, Sara, Andrés y Santiago, por hacer de la Universidad una experiencia amena y ser un apoyo en todo momento. A nuestros directores de tesis, por su guía y confianza durante este proceso. Y por ultimo, a todas las personas que me brindaron palabras de aliento y creyeron en mí; su apoyo ha sido fundamental para alcanzar esta meta.

Ana Sofía Perhueva Gómez

Quiero expresar mi agradecimiento primeramente a Dios por ser mi guía y fortaleza en toda esta etapa de mi vida que está por culminar y que ha permitido que se abran tantas puertas en mi desarrollo personal. A mi padre Diego Salinas, a mi madre Paola Gómez y mi hermana Hannah Salinas, por enseñarme a luchar por mis sueños y estar siempre a mi lado llenándome de tanto amor cada día, lo cual me anima a seguir adelante. A nuestro director Jaime Mosquera y codirector Mauricio Bermúdez, por su confianza, enseñanzas y dedicación en todo este proceso académico. Han sido grandes maestros en nuestra formación profesional. Gracias a mis compañeros de clase Sofía Perhueva y Andrés Jaramillo quienes se convirtieron en mis amigos para la vida, brindándome su amistad y apoyo durante este camino universitario. Sé que la vida traerá grandes logros para nosotros.

Sara Isabela Salinas Gómez

Resumen

Esta investigación propone y evalúa una estrategia de fijación de tasas de interés variables como una posible medida de mitigación del riesgo crediticio. A través de este análisis, se busca contribuir al conocimiento y aplicación práctica de metodologías para la evaluación de riesgos y la fijación de tasas de interés en el contexto de la economía solidaria, promoviendo así la sostenibilidad de estas entidades.

Los bancos tradicionalmente han contado con modelos internos de credit scoring para evaluar el riesgo de incumplimiento de cada crédito otorgado, sin embargo, esta práctica no es común en las entidades de economía solidaria. El objetivo es contribuir al entendimiento de la importancia de la fijación de tasas de interés, considerando el riesgo crediticio como un factor clave. Lo anterior se llevará a cabo mediante una simplificación y adaptación de los lineamientos propuestos en Basilea II ajustados a las características particulares de una entidad sin ánimo de lucro y con principios de solidaridad, como lo es un fondo de empleados.

Se abordan conceptos fundamentales sobre tasas de interés ajustadas al riesgo y se construye un marco teórico fundamentado en una revisión bibliográfica y un análisis bibliométrico, lo que permitió identificar literatura relevante para construir una metodología de asignación de tasas ajustadas según el riesgo crediticio en entidades de economía solidaria. Los resultados incluyen una metodología detallada con las variables necesarias para su implementación, así como el proceso de valoración y validación de la estrategia propuesta y el análisis de las consecuencias financieras sobre la entidad. Además, se construye una calculadora interactiva que, al ingresar los parámetros iniciales, permite estimar la tasa de interés ajustada al riesgo con base a la metodología propuesta.

Palabras clave: Fijación de tasas en función del riesgo, Riesgo de crédito, Pérdida esperada, Probabilidad de impago, Provisión de cartera, Basilea II

Contenido

Resumen	vi
Lista de Figuras	x
Lista de Tablas	1
1. Introducción	2
1.1. Planteamiento del Problema	3
1.2. Justificación	5
1.3. Pregunta de Investigación	7
1.4. Objetivos	7
1.4.1. Objetivo General	7
1.4.2. Objetivos Específicos	7
2. Antecedentes	8
2.1. Búsqueda Bibliográfica y Análisis Bibliométrico	8
2.1.1. Análisis de publicaciones anuales y tendencia temporal	10
2.1.2. Análisis por volumen de citaciones	11
2.1.3. Producción de los autores a través de los años	12
2.1.4. Análisis de países con mayor número de publicaciones y citaciones . .	13
2.1.5. Análisis de las fuentes más relevantes	14
2.1.6. Análisis de los documentos más citados	15
2.1.7. Three-Field plot	16
2.1.8. Palabras más frecuentes	16
2.1.9. Redes de colaboración	18
2.2. Revisión Bibliográfica	18
3. Marco Teórico	21
3.1. Tasa de interés	21
3.2. Economía solidaria	21
3.3. Fondos de empleados	22
3.4. Riesgo crediticio	22
3.5. Sistema de Administración de Riesgo de Crédito (SARC)	23
3.6. Pérdida esperada	24

3.7. Pérdida Inesperada	24
3.8. Acuerdos de Basilea	25
3.9. Fijación de tasas de interés basadas en el riesgo (Risk-based pricing)	26
4. Metodología	29
4.1. Fijación de tasas de interés	30
4.1.1. Tasa inicial libre de riesgo	30
4.1.2. Análisis de referencia macroeconómica	33
4.1.3. Cálculo de la tasa libre de riesgo a 1 año	34
4.1.4. Probabilidad de impago a 1 año (p^i)	35
4.2. Fijación de Tasa Ajustada al Riesgo	36
4.2.1. Remuneración por la pérdida esperada (REL)	37
4.2.2. Remuneración por la pérdida inesperada (RUL)	42
4.3. Plan de Análisis de Resultados	44
5. Resultados	46
5.1. Análisis descriptivo.	47
5.2. Fijación de Parámetros y tasas de referencia.	51
5.3. Cálculo Tasa Ajustada por el Riesgo	54
5.3.1. Cálculo REL	55
5.3.2. Cálculo RUL	58
5.3.3. Tasa Ajustada por Riesgo	59
5.4. Comparación entre la Tasa Ajustada por Riesgo y la Tasa Fija Asignada. . .	61
5.4.1. Comparación de los rendimientos esperados bajo las estrategias de Tasa fija de interés y Tasa variable ajustada por riesgo	67
6. Conclusiones, limitaciones y recomendaciones	69
6.1. Conclusiones	69
6.2. Limitaciones	71
6.3. Recomendaciones	71
Bibliografía	72
A. Anexos	76

Lista de Figuras

2-1. Producción científica anual	10
2-2. Autores más relevantes	11
2-3. Producción de los autores a través de los años.	12
2-4. Producción científica por país.	13
2-5. Fuentes más relevantes.	14
2-6. Producción de la fuente a lo largo del tiempo.	15
2-7. Documentos más citados.	15
2-8. A three-field Plot (Sankey diagram) de países, autores y palabras claves. . .	16
2-9. Palabras claves más mencionadas.	17
2-10.Red de concurrencia de palabras clave.	17
2-11.Red de colaboración entre autores.	18
3-1. Relación entre la Pérdida Esperada y la Pérdida Inesperada.	25
4-1. Esquema general de la actividad crediticia en una institución de economía solidaria.	30
4-2. Componentes para el cálculo de la tasa inicial libre de riesgo	31
4-3. Enfoque de neutralidad de riesgo para medir el rendimiento de un préstamo (horizonte temporal de 1 año).	37
4-4. Pérdida dado el incumplimiento según tipo de garantía.	39
4-5. Curva de rentabilidad valores TES	40
4-6. Modelo tasa libre de riesgos	42
4-7. Diagrama por fases para análisis de resultados.	44
5-1. Cantidad de créditos por modalidad	47
5-2. Suma total del monto de créditos por modalidad	47
5-3. Distribución por Probabilidad de Impago (PI) y Tasa de Recuperación (R) .	48
5-4. Distribución del horizonte o plazo del crédito	48
5-5. Número de créditos por mes durante el año 2024	49
5-6. Asignación de tasa de interés fija por mes (Enero - Julio) para el año 2024 .	49
5-7. Distribución B2 (Capital Regulatorio)	51
5-8. Probabilidad de impago ajustada a n periodos	52
5-9. Tasa de interés para créditos de consumo en entidades financieras	54

5-10. Tendencia de REL en función de los periodos (años) por Tasa de Recuperación (R) y para cada Probabilidad de Incumplimiento (PI)	56
5-11. Tendencia de REL en función de los periodos (años) por Tasa de Recuperación (R) y para cada Probabilidad de Incumplimiento (PI)	57
5-12. RUL por Probabilidad de Impago (PI) y Tasa de Recuperación (R)	59
5-13. Tasa de interés ajustada al riesgo por probabilidad de impago	60
5-14. Tendencia de la tasa de interés fija asignadas en función de los periodos (años) por Tasa de Recuperación (R) y para cada Probabilidad de Incumplimiento (PI)	61
5-15. Tendencia de la tasa de Interés Ajustada al Riesgo en función de los periodos (años) por Tasa de Recuperación (R) y para cada Probabilidad de Incumplimiento (PI)	62
5-16. Tasa de interés ajustada al riesgo por probabilidad de impago y Tasa de recuperación.	62
5-17. Tasa de interés fija asignada por probabilidad de impago y Tasa de recuperación.	63
5-18. Tasa de interés ajustada al riesgo por tasa de recuperación y número de periodos	64
5-19. Tasa de interés fija asignada por tasa de recuperación y número de periodos	64
5-20. Tasa de interés ajustada al riesgo por probabilidad de impago	65
5-21. Cambio de tasa de interés fija asignada a tasa ajustada por el riesgo.	66
5-22. Retornos por tasa de interés	67

Lista de Tablas

2-1. Ecuaciones de búsqueda	9
2-2. Autores más relevantes según el número de citas	12
2-3. Número de publicaciones y citas para los 10 países líderes.	13
4-1. Probabilidad de Impago crédito sin libranza	36
4-2. Probabilidad de Impago crédito con libranza	36
4-3. Datos de Vencimiento y TES	40
5-1. Resumen: Valor del préstamo	50
5-2. Resumen: Ahorros permanentes	50
5-3. Resumen: Capital Regulatorio	51
5-4. Tasa Libre de Riesgo a n Periodos	53
5-5. Resumen: Pérdida Esperada (Modelo de Referencia)	58
A-1. Variables para el cálculo del valor “Z” Modelo de referencia - Cartera de consumo con libranza	77
A-2. (Continuación) Variables para el cálculo del valor “Z” Modelo de referencia - Cartera de consumo con libranza	78
A-3. Variables para el cálculo del valor “Z” Modelo de referencia - Cartera de consumo sin libranza	79
A-4. Tabla resumen combinaciones casos existentes PI, R, n para Fondo de Empleados en estudio.	80
A-5. (Continuación) Tabla resumen combinaciones casos existentes PI, R, n para Fondo de Empleados en estudio.	80
A-6. (Continuación) Tabla resumen combinaciones casos existentes PI, R, n para Fondo de Empleados en estudio.	81

1. Introducción

El acceso a servicios financieros es esencial en la economía de un país y resalta sobre el avance de las sociedades modernas. La posibilidad de obtener financiamiento puede determinar la capacidad de las personas para alcanzar metas significativas. A nivel macroeconómico, la disponibilidad de crédito sigue siendo un motor esencial para el crecimiento económico, facilitando la inversión empresarial y contribuyendo a mantener la estabilidad financiera. Por lo tanto, la existencia y eficiencia de instituciones financieras que ofrecen estos servicios son un componente crucial para fomentar el desarrollo económico sostenible, permitiendo asignar recursos financieros de manera óptima y promoviendo así el bienestar colectivo.

La existencia de sistemas de economía solidaria (ES) muestra una nueva perspectiva a los sistemas financieros tradicionales, pues busca promover principios y valores fundamentales de solidaridad, cooperación, equidad y participación democrática. Estas organizaciones han surgido para dar respuesta a las carencias y necesidades de la población que no eran satisfechas por el mercado o por el Estado, permitiendo que las personas elijan entre varias opciones las organizaciones que se ajusten a sus necesidades crediticias.

Actualmente, los sistemas financieros se han visto expuestos a un mayor riesgo crediticio, incluyendo las Instituciones de Economía Solidaria (IES), debido a distintas condiciones adversas. A pesar de que existen los Sistemas de Administración del Riesgo Crediticio (SARC) muchas de las entidades aún carecen de modelos internos avanzados para la gestión del riesgo, por lo que es importante implementar herramientas que permitan mantener la estabilidad financiera de las organizaciones y a su vez proteger los ahorros de sus asociados o clientes. Como alternativa, se ha empezado a implementar la diferenciación de tasas de interés basadas en las características de los asociados y el riesgo que estos signifiquen para las entidades.

Por lo tanto, para mejorar y proporcionar recursos más efectivos para gestionar el riesgo financiero, el propósito de esta investigación se centra en proponer una estrategia de fijación de precios de riesgo como posible medida de mitigación del riesgo de crédito. A través de este análisis, se busca contribuir al conocimiento y la aplicación práctica de metodologías de evaluación de riesgos y fijación de tasas de interés en contextos de economía solidaria, promoviendo su sostenibilidad.

El presente documento se encuentra construido de la siguiente manera: en el Capítulo 1 está la definición del problema, justificación y objetivos; el Capítulo 2 se presenta la revisión de

antecedentes con la búsqueda bibliográfica; el Capítulo 4 muestra la metodología empleada para el análisis de los modelos de fijación de tasas de interés en función del riesgo crediticio y en el Capítulo 5 se presentan finalmente los resultados.

1.1. Planteamiento del Problema

La economía solidaria es un enfoque económico sin ánimo de lucro, que se basa en principios de solidaridad, cooperación y participación activa de las personas que hacen parte de estas entidades (Miller 2010). Se centra en la satisfacción de las necesidades humanas y la promoción del bienestar colectivo en lugar de la maximización de ganancias individuales, como se menciona en el Artículo 6 de la Ley 454 de 1998 (Congreso de Colombia 1998). Estas organizaciones surgen como respuesta a las necesidades de la población que no eran satisfechas por las entidades pertenecientes a la banca tradicional, pues estas tienden a imponer más obstáculos a la hora de solicitar créditos y no ofrecen un beneficio común. Al igual que las bancas tradicionales, las entidades de economía solidaria que realizan créditos de consumo, basan su tasa de interés en el rango establecido por el Banco de la República, por lo tanto, se puede realizar una extrapolación de la gestión del riesgo crediticio en los bancos tradicionales y aplicar este enfoque a la esfera de la economía solidaria.

El riesgo crediticio es la posibilidad de que una entidad incurra en pérdidas y se disminuya el valor de sus activos, como consecuencia de que sus deudores fallen en el cumplimiento oportuno o cumplan imperfectamente los términos acordados en los contratos de crédito (Federación de Aseguradores Colombianos (FASECOLDA) 2004). Es por eso que la gestión del riesgo crediticio en entidades de economía solidaria es un aspecto crítico para garantizar la estabilidad financiera y la sostenibilidad de estas organizaciones, pues si no se toman las medidas preventivas adecuadas, los clientes morosos pueden generar grandes pérdidas para la entidad. Actualmente, alrededor del mundo, la exposición al riesgo en las entidades solidarias se ha incrementado, debido a que existen muchas más posibilidades para obtener un crédito, hay mayor movilidad de recursos, mayor diversificación de los instrumentos financieros y una notoria dependencia creciente de las economías (Hilbers et al. 2006). Colombia no ha sido la excepción, ya que constantemente ha tenido que lidiar con esta situación, es por ello que la Superintendencia Financiera (SF) se ha encargado de ir mejorando sus prácticas en pro de la administración del riesgo crediticio para gestionarlo de manera efectiva (Superintendencia Bancaria de Colombia 2008).

Aún existen muchas entidades que no cuentan con estrategias de medición de riesgo crediticio que puedan servir como base de los modelos internos para el otorgamiento, el seguimiento y el cálculo de la pérdida esperada, pues en ocasiones estas entidades ofrecen a todos sus asociados la misma política de préstamo, sin tomar en consideración el grupo de riesgo de cada solicitante.

La falta de diferenciación en las tasas de interés podría implicar un mayor riesgo crediticio para la entidad financiera, pues no tendría una compensación adecuada en forma de tasas de interés más altas para los prestatarios de mayor riesgo o también podría resultar en un aumento de tasas para todos los asociados sin medida, lo que podría limitar el acceso al crédito para aquellos que tienen un riesgo crediticio bajo o moderado (Walke et al. 2018). Por lo tanto, no asignar tasas de interés diferenciadas según el riesgo crediticio podría tener repercusiones negativas tanto para la institución de economía solidaria como para sus asociados, ya que podría perder afiliados que confíen en su entidad o generar pérdidas por clientes con mayor probabilidad de incumplimiento, lo cual traería un desbalance para la entidad.

Estudios anteriores, como el que presentan Bermúdez Vera et al. (2020), muestran la configuración de un modelo para la probabilidad de incumplimiento de pago, con el cual crean un perfil de riesgo para cada afiliado de un fondo de empleados, con una mora mayor a 30 días como evento default y de acuerdo a variables como estrato, salario, edad, deuda total interna, y deuda total externa. La construcción de este modelo permitió segmentar a los individuos a partir de sus perfiles de riesgo en 5 grupos según su probabilidad de incumplimiento.

1.2. Justificación

Este trabajo de investigación resulta principalmente de la necesidad de reducir el riesgo crediticio que ha afectado a las entidades financieras. Actualmente, la exposición al riesgo financiero en las entidades se ha incrementado debido al alcance que han tenido los nuevos productos de crédito y la facilidad para obtener créditos con más de una entidad, por lo que es importante proporcionar estrategias de gestión y evaluación del riesgo crediticio, ya que esto significa controlar el riesgo al que se encuentran sometidas las entidades cuando exponen sus recursos financieros a través de la actividad crediticia.

La modelación de riesgo de crédito es un tema de gran trascendencia e importancia para la adecuada gestión del riesgo financiero, es por ello que se deben tomar medidas preventivas adecuadas, puesto que los clientes morosos pueden generar grandes pérdidas para la entidad. La falta de un modelo efectivo de valoración de tasas de interés que considere de manera integral el riesgo crediticio específico de las entidades de economía solidaria plantea desafíos significativos en la gestión de créditos y, en última instancia, en la capacidad de estas organizaciones para cumplir con su misión de desarrollo comunitario.

Investigaciones anteriores Bermúdez Vera et al. (2020) han mostrado formas de segmentar a los asociados de un fondo de empleados según su riesgo crediticio, haciendo agrupaciones por la probabilidad de incumplimiento individual. Identificar estas diferencias le permite a la entidad contar con una herramienta para conformar perfiles (segmentos) de acuerdo con la calidad crediticia dentro de su conjunto de asociados y evidencia que hay clientes que potencialmente podrían afectar la sostenibilidad financiera de la institución y su capacidad para seguir brindando servicios financieros a largo plazo.

Se propone indagar sobre herramientas que permitan crear estrategias para gestionar el riesgo y asimismo mantener asociados en las entidades, para de esta forma contribuir directamente a la gestión de créditos en estas organizaciones, lo que, a su vez, fortalecerá su capacidad para impulsar el desarrollo comunitario y económico, manteniendo el equilibrio tanto para la entidad como para sus asociados. Este trabajo busca llenar un vacío significativo en la investigación y, al hacerlo, aspira a tener un impacto positivo y duradero en las comunidades a las que sirven las entidades de economía solidaria.

En este trabajo se tiene en consideración el perfil de riesgo de cada individuo para determinar la tasa de interés correspondiente para su crédito de consumo. Es decir, que ya no existiría una tasa fija para todos los individuos pertenecientes a la entidad solidaria, sino que esta cambiaría con respecto a los rangos establecidos según su perfil de riesgo. De esta manera, se busca controlar el riesgo crediticio mientras a su vez se garantiza la estabilidad financiera y la sostenibilidad de estas organizaciones. Lo anterior se realiza estimulando la solicitud de créditos a usuarios de mejor perfil crediticio y compensando en retribución económica para la entidad la mayor exposición al riesgo.

Es por ello que también se considera que el aporte de este estudio se centra en otorgar nuevas técnicas para la medición de riesgo crediticio y seleccionar un método que permita implementar nuevas estrategias para establecer tasas de interés en entidades de economía solidaria, considerando las características de cada grupo teniendo en cuenta el riesgo potencial que puede significar para la entidad.

1.3. Pregunta de Investigación

Dadas las dificultades para configurar un modelo que permita medir el riesgo crediticio y establecer tasas de interés basadas en las características de los asociados, surge aquí la pregunta de investigación principal relacionada con la fijación de tasas de interés en función del riesgo de crédito:

Pregunta de investigación: ¿Cómo asignar tasas de interés a los asociados de una entidad de economía solidaria a partir de su riesgo de incumplimiento?

Para dar respuesta a esta pregunta, se tendrán en cuenta las siguientes sub-preguntas:

- 1) ¿Cuáles son las estrategias para asignar tasas de interés diferenciales de acuerdo al riesgo de crédito?
- 2) ¿Las metodologías empleadas para la evaluación de riesgo crédito en entidades financieras son igualmente aplicables a economía solidaria?
- 3) ¿Cuál de los métodos de asignación de tasa de interés puede generar un mejor desempeño?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar una estrategia para la asignación de tasas de interés en créditos de consumo que tome en consideración el riesgo de cada individuo en una entidad de economía solidaria.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar tendencias y documentos clave de la literatura existente sobre técnicas de asignación de tasas de interés.
- Definir la metodología que permita la asignación de las tasas de interés teniendo en cuenta el perfil de riesgo de los asociados.
- Realizar una evaluación comparativa del rendimiento de las estrategias de asignación de tasas de interés (tasa de interés fija en comparación con tasa de interés ajustada).

2. Antecedentes

En este trabajo, la revisión de antecedentes se desarrollará en dos etapas. En la primera, se realiza un análisis bibliométrico haciendo uso de la aplicación Biblioshiny de la librería de Bibliometrix del software R (Aria & Cuccurullo 2017). Esta técnica se distingue de otras por su enfoque en el análisis cuantitativo de la literatura científica, proporcionando una evaluación objetiva y fiable. A través del uso de métodos estadísticos, la bibliometría permite identificar patrones clave dentro de grandes volúmenes de publicaciones (Solano López et al. 2009), facilitando la detección de los documentos más relevantes en función de criterios como: autores más citados, número de publicaciones por año, palabras clave predominantes, áreas de conocimiento, tipos de documentos y otras métricas significativas.

Una vez se consolide un conjunto de artículos seleccionados con base en el tema a tratar, se procede a la segunda etapa. Esta consiste en identificar los trabajos más relevantes para estudiar y describir su contenido de forma más detallada, incluyendo los principales hallazgos, los enfoques metodológicos empleados y las contribuciones teóricas o prácticas que dichos artículos aportan al campo de estudio. El objetivo es integrar estas investigaciones con el fin de proporcionar una base sólida para la formulación de las tasas de interés ajustadas al riesgo crediticio.

2.1. Búsqueda Bibliográfica y Análisis Bibliométrico

El objetivo de esta búsqueda bibliográfica es hacer una recopilación de datos bibliográficos en la base de datos académica *Scopus*. En este documento se presenta un análisis bibliométrico para conocer cómo establecer un modelo de valoración de tasas de interés en función del riesgo crediticio y de esta forma determinar diferentes alternativas de mitigación y compensación del riesgo.

A continuación, se muestra **la Tabla 2-1**, en la cual se desarrolla el proceso de búsqueda mediante palabras clave en la base de datos Scopus haciendo uso de funciones booleanas. La ecuación de búsqueda final (paso 9) incluye tres partes. La primera parte (“interest rate” OR “costs”) hará la búsqueda de artículos con enfoque en la estructura para la tasa de interés; la segunda parte (“machine learning” OR “data mining” OR “learning systems” OR “neural network”) hace referencia a la búsqueda de artículos sobre los enfoques de machine learning y métodos estadísticos útiles para la estimación de modelos; por último, la parte tres

(“credit risk” OR “risk assessment” OR “risk pricing” OR “risk management”) relaciona los enfoques anteriores con posibles estrategias para la valoración de la tasa de interés en función del riesgo crediticio. Lo anterior arroja un total de 932 artículos, siendo la mayoría artículos de revista, aunque se incluyeron también otros tipos de documentos debido al auge del tema.

Tabla 2-1.: Ecuaciones de búsqueda

Step	Keyword Search	# Articles
1	“risk pricing”	257
2	“credit risk” AND “risk pricing”	50
3	“risk pricing model”	10
4	“machine learning” AND “credit risk”	604
5	“interest rate” AND “credit risk”	801
6	(“interest rate” OR “costs”) AND (“machine learning” OR “data mining” OR “learning systems”) AND (“credit risk” OR “risk assessment” OR “risk pricing”)	1275
7	(“interest rate” OR “costs”) AND (“machine learning” OR “data mining” OR “learning systems” OR “artificial intelligence”) AND (“credit risk” OR “risk assessment” OR “risk pricing” OR “credit risk modeling”)	1736
8	(“interest rate” OR “costs”) AND (“machine learning” OR “data mining” OR “learning systems”) AND (“credit risk” OR “risk assessment” OR “risk pricing” OR “risk management”)	1494
9	(“interest rate” OR “costs”) AND (“machine learning” OR “data mining” OR “learning systems” OR “neural network”) AND (“credit risk” OR “risk assessment” OR “risk pricing” OR “risk management”)	2011
	Se filtra por área de conocimiento (972), se restringe la búsqueda solo a estudios de escritos en inglés y español (959), y se excluyen por tipo de fuente (932)	932

Los artículos relacionados en la ecuación de búsqueda no tienen limitación por el año de publicación, por lo que se incluyen artículos publicados en el periodo alrededor de 1992 y 2024, incluyendo 81 países publicados en 466 revistas por 160 autores, por lo que este análisis contribuye sintetizando e identificando corrientes de investigación existentes y emergentes. Los resultados de la búsqueda electrónica se exportaron y cargaron en el paquete Bibliometrix (Aria & Cuccurullo 2017) para R v.4.2.1 para realizar análisis bibliométricos y visualización.

Se obtuvieron los indicadores de relevancia para la producción científica, los cuales se mencionan a continuación.

2.1.1. Análisis de publicaciones anuales y tendencia temporal

Los modelos para estimar la tasa de interés en función del riesgo crediticio han estado en desarrollo durante varias décadas, introduciendo nuevas teorías, conceptos y formas de modelación, así como también la tecnología ha sido un factor de gran ayuda para evaluar y gestionar el riesgo crediticio, lo que ha llevado a mejoras y refinamientos en los modelos utilizados.

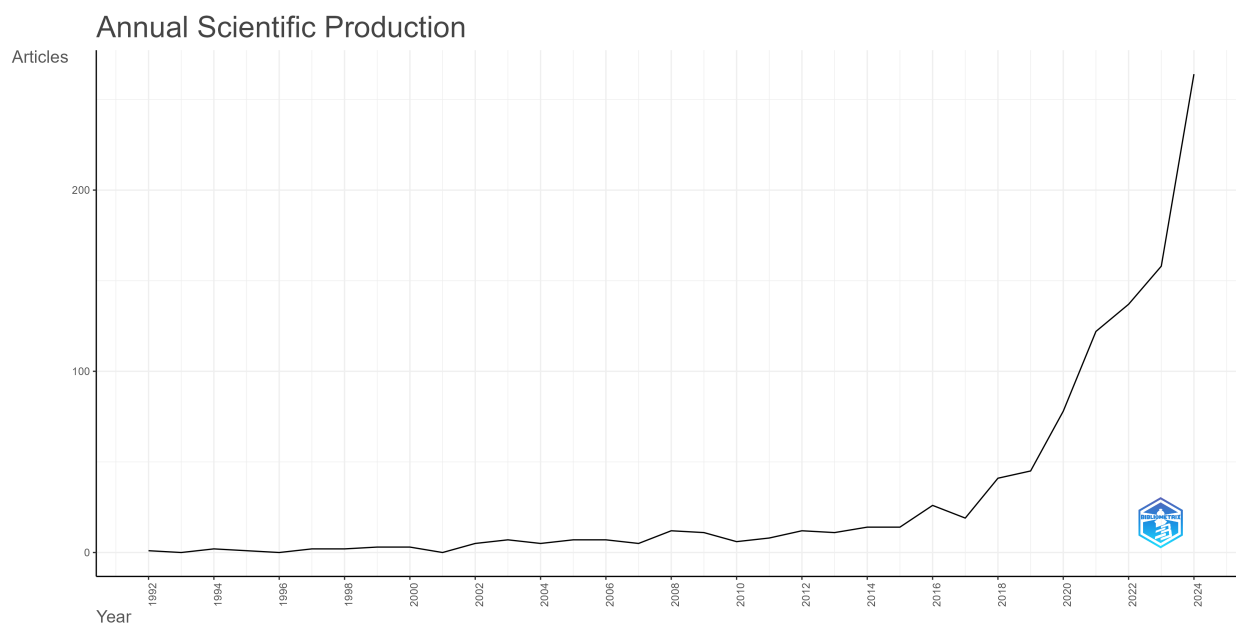


Figura 2-1.: Producción científica anual

La Figura 2-1 muestra que se han publicado artículos sobre modelación de las tasas de interés desde el año 1992, año en el que se publicó 1 artículo. El número de artículos por año fue menor a 5 hasta el año 2008, donde hubo un aumento a 12 artículos. Para los siguientes años se mantuvo en un rango entre los 12 y 26 artículos hasta el año 2018, donde hubo un nuevo salto con la publicación de 41 artículos. Con el transcurso de los años ha crecido la cantidad de publicaciones sobre el tema, siendo su punto mayor para el año 2024 con la publicación de 264 artículos, siendo este valor el 28.3 % de la cantidad total de los documentos analizados, lo cual deja en evidencia la constante evolución e interés de los investigadores por el tema en cuestión. Este incremento evidencia el creciente interés en el tema, sin embargo, a pesar de este aumento, la bibliografía existente sigue siendo limitada, especialmente en lo que respecta a metodologías adaptadas a las necesidades específicas de sectores como la economía solidaria. Por lo tanto, el análisis y la metodología presentados en este trabajo

pueden ser de gran utilidad y contribuir al desarrollo de soluciones personalizadas para este tipo de entidades.

2.1.2. Análisis por volumen de citaciones

De la Figura 2-2 se observan los autores que más han aportado con artículos sobre el análisis de las tasas de interés y el riesgo crediticio. Como resultado se muestra que Liu Y, Li J, Liu H, Wang Y, Zhang X, Zhang Y son principalmente los que más se destacan en función del número de documentos producidos, con un máximo de 11 artículos publicados. Seguidos de los autores Wang J, Wang X, Li X y Wang H siendo estos dos últimos los que menos publicaciones han generado (7 artículos) entre los 10 autores más relevantes, sin embargo, continúan siendo importantes contribuyentes.

Por su parte, la Tabla 2-2 muestra que es Li J, quien cuenta con un mayor número de citaciones (117), posicionándolo como uno de los autores que más artículos ha publicado y que más ha sido citado para el tema de interés, junto con Zhang Y, quien, aunque no presenta tantos artículos, es uno de los más citados (86 citaciones). Por otro lado, Li X es uno de los que menos artículos ha publicado (7) y también es uno de los autores con menor número de citaciones (2).

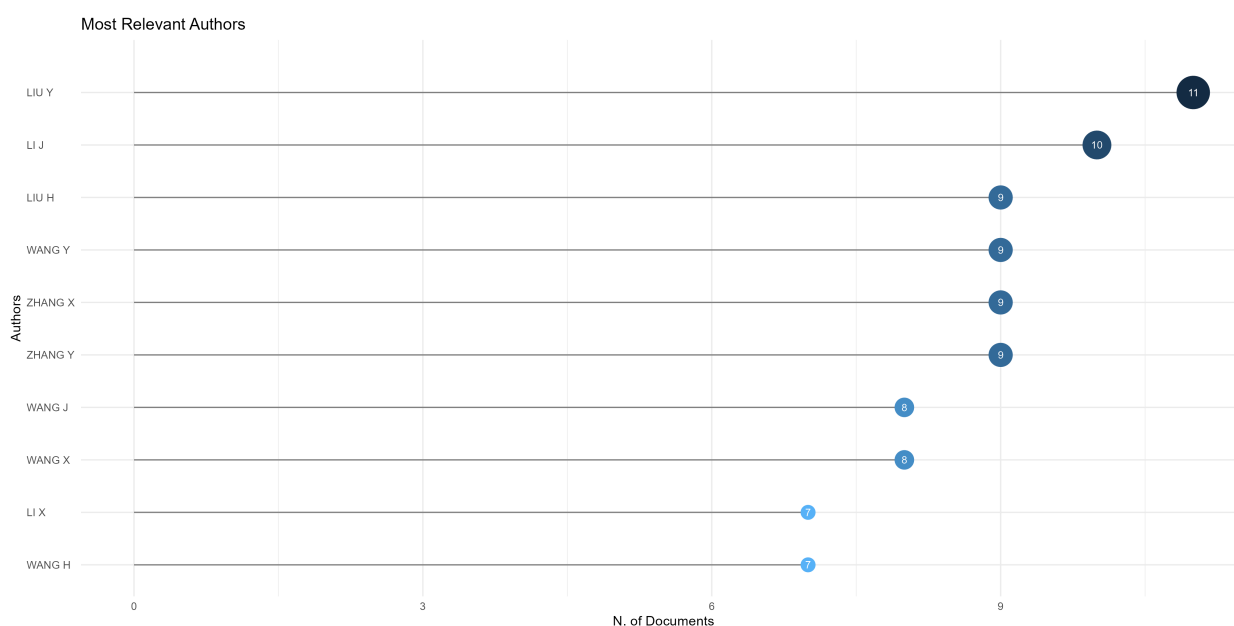


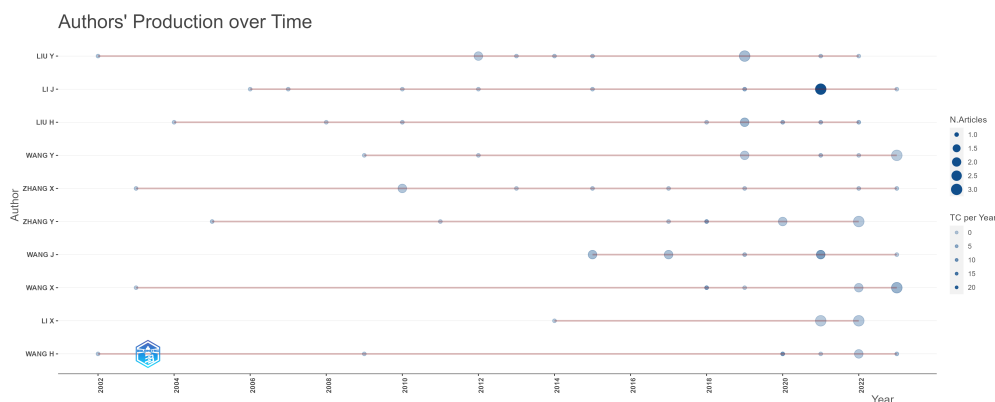
Figura 2-2.: Autores más relevantes

Tabla 2-2.: Autores más relevantes según el número de citas

Por N° de citas		
Autores	# Artículos	# Citaciones
LI J	10	117
ZHANG Y	9	86
LIU H	9	82
WANG J	8	71
LIU Y	11	52
WANG X	8	52
WANG H	7	47
ZHANG X	9	42
WANG Y	9	13
LI X	7	2

2.1.3. Producción de los autores a través de los años

La **Figura 2-3** ofrece información adicional para el análisis de la **Figura 2-2** y **Tabla 2-2**, por lo que se podría afirmar que Liu Y, es una de las que más publicaciones y citas tiene, pero también fue de las primeras personas en hacer publicaciones sobre modelos de riesgo crediticio, haciendo aportes constantemente desde el año 2002 hasta 2022, siendo el año 2019 donde logra su mayor número de publicaciones (3) con un promedio de citas por año de 2.4. Otro autor que ha sido uno de los primeros en aportar artículos sobre el tema es Wang H, quien ha hecho publicaciones desde el año 2002 e incluso ya ha publicado un artículo para el año 2023, en el que ha sido citado 2 veces. El autor que mayor número de citas por año presenta es Li J, con 23 citas en el año 2021, año en el que publicó 3 artículos.

**Figura 2-3.:** Producción de los autores a través de los años.

2.1.4. Análisis de países con mayor número de publicaciones y citaciones

De la **Figura 2-4** se observa a nivel general que son varios los países del mundo que han generado producción científica (cuanto más oscuro es el color azul, en este caso, más producción científica tiene el país), sin embargo, son tres los países con mayor número de publicaciones y citaciones respecto a los demás, lo cual se puede observar en la **Tabla 2-3**, siendo China el de mayor cantidad, seguido por Estados Unidos y Reino Unido, los cuales son países que destinan gran parte de sus fondos en el área educativa y de investigación, entre los cuales también se crean redes de colaboración internacionales que les permite aumentar la cantidad de publicaciones en el tema. Por su parte, Colombia aparece en la posición número 64 con 19 artículos publicados y 42 citaciones del mismo.

Country Scientific Production

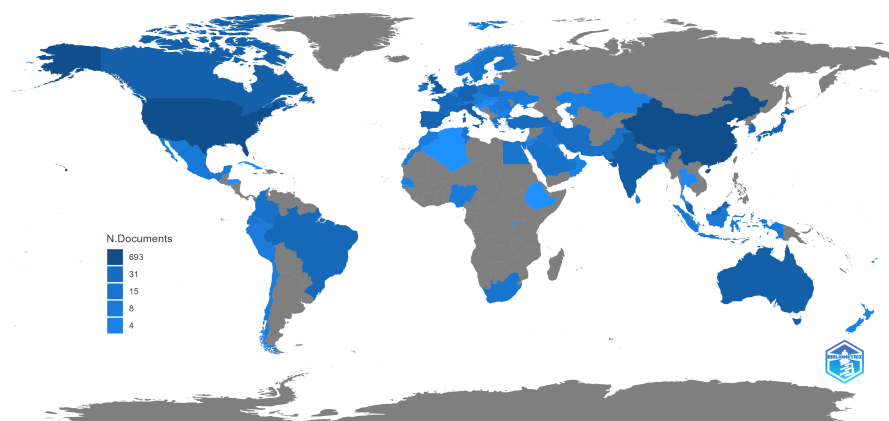


Figura 2-4.: Producción científica por país.

Tabla 2-3.: Número de publicaciones y citaciones para los 10 países líderes.

País	N° Publicaciones	N° Citaciones	Media de citaciones por artículo
China	693	1542	9.20
USA	602	2580	27.40
United Kingdom	179	624	17.80
India	154	192	6.40
Australia	122	424	17.00
Canada	107	62	8.90
Portugal	105	190	11.20
Italy	103	180	11.20
Germany	79	1159	68.20
Japan	75	58	3.60

2.1.5. Análisis de las fuentes más relevantes

En la **Figura 2-5** se evidencia que la mayoría de los estudios sobre modelos de valoración de tasas de interés en función del riesgo de crédito usando métodos estadísticos o machine learning se están publicando principalmente en la revista *Lecture Notes in Computer Science* y *Expert Systems With Applications*, los cuales otorgan bases que constan de 47 y 30 artículos pertinentes para el tema en estudio.

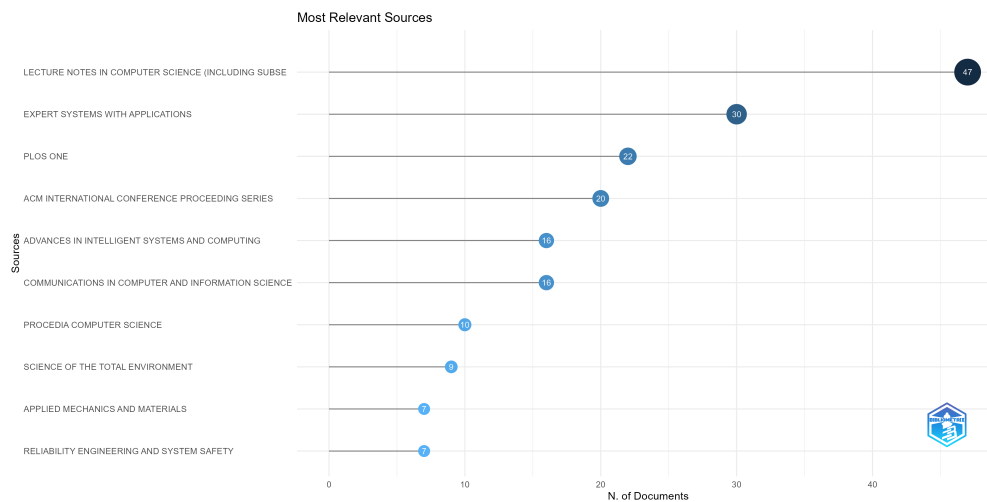


Figura 2-5.: Fuentes más relevantes.

Además, en la **Figura 2-6** se observa que la revista *Lecture Notes in Computer Science* fue la primera que comenzó a hacer publicaciones sobre el tema en el año 2002 e incluso ya ha presentado aportes para el año 2023, con un total de publicaciones acumuladas de 47 a través de los años. La revista *Expert Systems With Applications* fue la segunda en realizar publicaciones sobre el tema, la cual también ya ha realizado publicaciones para el año 2023. No fue sino hasta 2008 que la revista *Communications in Computer and Information Science* mostró nuevas publicaciones en el tema, sin embargo, solo ha presentado artículos hasta el año 2022.

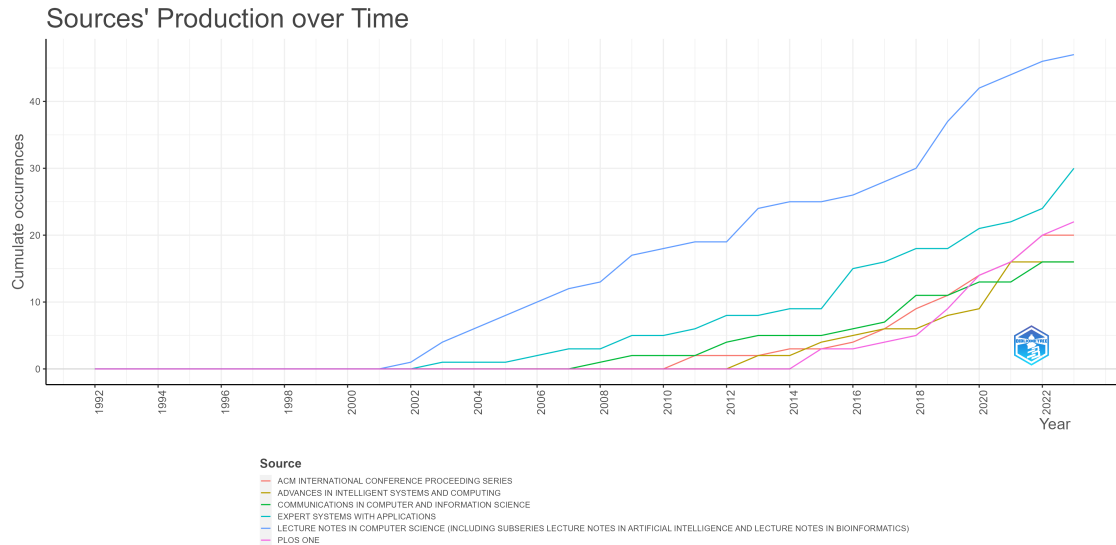


Figura 2-6.: Producción de la fuente a lo largo del tiempo.

2.1.6. Análisis de los documentos más citados

La **Figura 2-7** brinda una visión general de los documentos más citados, siendo Thomas Fischer quien obtuvo la mayor cantidad de citas (922) con su artículo “*Deep learning with long short-term memory networks for financial market predictions*” publicado en 2018 en el *European Journal of Operational Research*, seguido por Ha Young-Kim quien también en el 2018 obtuvo 366 citaciones para su artículo “*Forecasting the volatility of stock price index: A hybrid model integrating LSTM with multiple GARCH-type models*” en la revista *Expert Systems With Applications*.

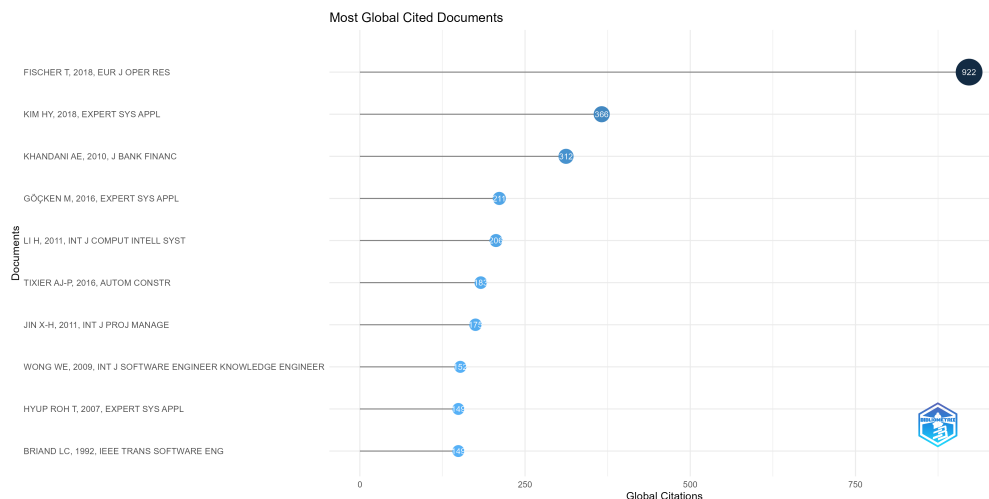


Figura 2-7.: Documentos más citados.

2.1.7. Three-Field plot

La **Figura 2-8** presenta un gráfico de tres campos que muestra las interacciones entre los 10 principales países (izquierda), los 10 principales autores (centro) y las palabras clave de los autores (derecha) dentro de la investigación sobre los enfoques de machine learning y métodos estadísticos en la implementación de estrategias para establecer tasas de interés con base en el riesgo crediticio. Se da prominencia a la altura de la caja y al grosor de las líneas de conexión. Cuanto más alta es la caja, el trabajo es más significativo, y cuanto más gruesa es la línea de conexión, más información o volumen de trabajo se produce (Agbo et al. 2021).

Al visualizar el grosor de la línea que conecta a los países con los autores, se puede observar que Liu H y Liu Y son los mayores contribuyentes de China, cuyas contribuciones se encuentran enfocadas en la evaluación de riesgos, machine learning, redes neuronales y tasas de interés. Para Estados Unidos, su mayor contribuyente es Li J, quien coincide con el anterior enfoque.

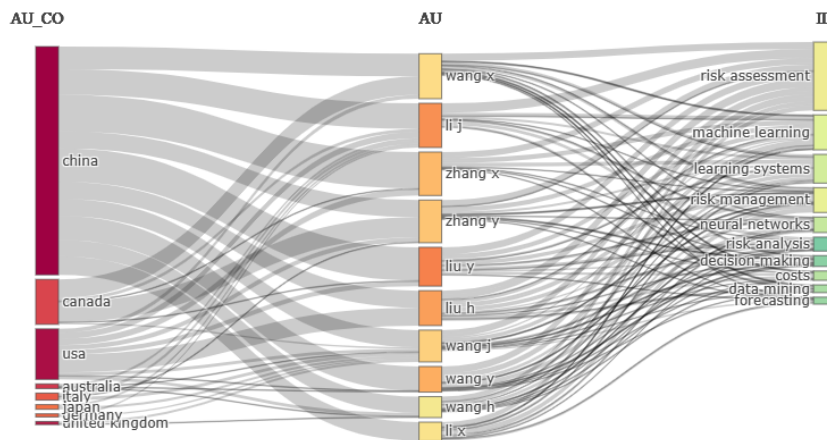


Figura 2-8.: A three-field Plot (Sankey diagram) de países, autores y palabras claves.

2.1.8. Palabras más frecuentes

La **Figura 2-9** muestra las palabras más mencionadas en los artículos analizados para el estudio. La palabra más usada fue “Risk assessment” (17%), lo que da a entender que la mayoría de los artículos se basan en la evaluación de riesgos. También destacan las palabras gestión de riesgos (6%), seguido de machine learning (5%), learning systems (5%) y neural networks (5%).

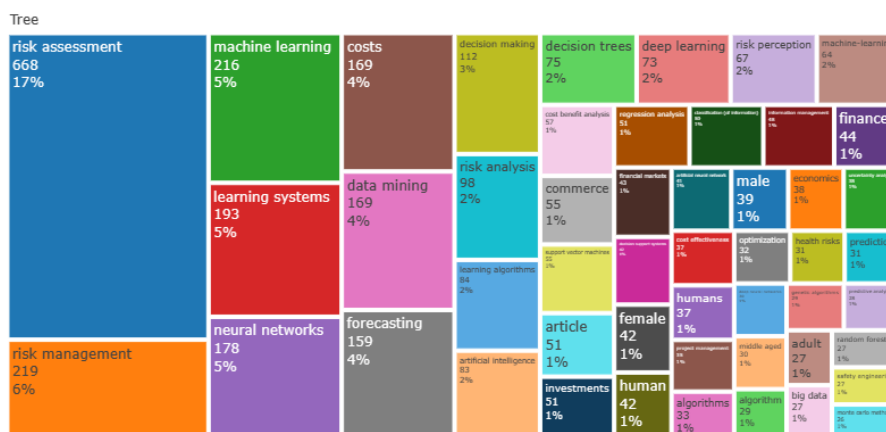


Figura 2-9.: Palabras claves más mencionadas.

La **Figura 2-10** muestra cómo los términos se relacionan entre sí en los documentos analizados. Este análisis estudia los términos que representan los conceptos contenidos en el texto de un documento, generando una serie de clusters, lo cual permite caracterizar los términos por conceptos de proximidad y distancia y, a su vez, representarse gráficamente (Restrepo Arango & Urbizagástegui Alvarado 2017). En este caso se puede observar que principalmente se crearon 3 clusters el primero (rojo) y el segundo cluster (verde) se relacionan fuertemente con los conceptos de calificación crediticia en conjunto con machine learning y redes neuronales, mientras que el tercer cluster (azul) relaciona los métodos de sistemas de aprendizaje y algoritmos de programación.

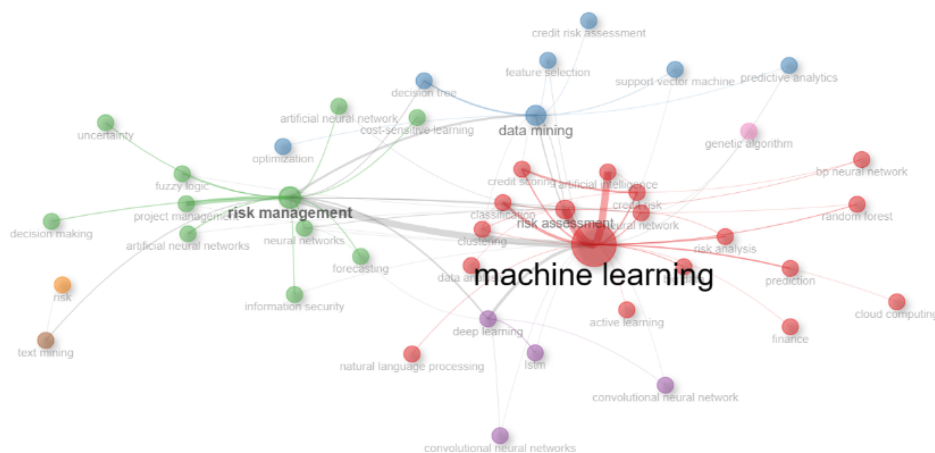


Figura 2-10.: Red de concurrencia de palabras clave.

2.1.9. Redes de colaboración

La **Figura 2-11** muestra las relaciones de colaboración entre los investigadores basadas en la coautoría de documentos científicos, estas colaboraciones se representan mediante los nodos y conexiones entre ellos, por lo que entre más cerca se encuentren, significa que han colaborado en mayor cantidad de artículos juntos (Newman 2001). En este caso coinciden Zhang X y Liu Y quienes son autores que se mencionaron anteriormente como principales contribuyentes, ahora en la **Figura 2-11** se puede observar su cercanía, lo cual indica que presentan varias publicaciones con coautoría compartida. Estos autores comparten nacionalidad de procedencia China y forjan redes de colaboración también con autores de países con bases sólidas para colaboración internacional, lo cual aumenta las oportunidades de publicación.

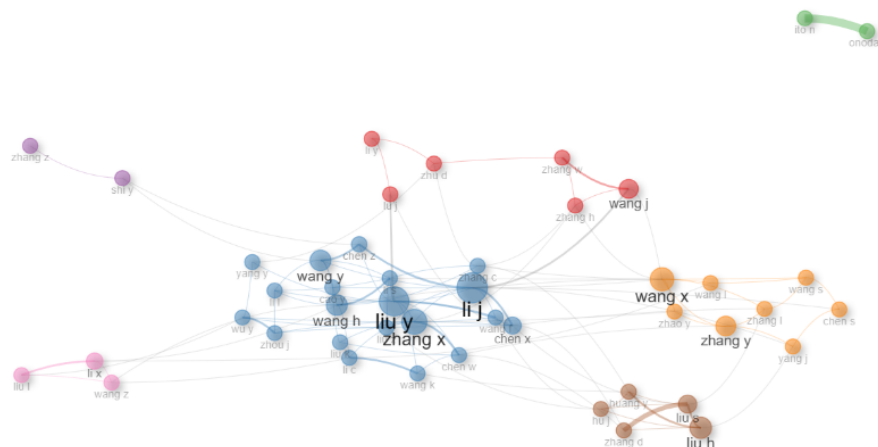


Figura 2-11.: Red de colaboración entre autores.

2.2. Revisión Bibliográfica

La presente sección se centra especialmente en identificar y describir las investigaciones previas que han abordado la diferenciación de las tasas de interés teniendo en cuenta el riesgo crediticio. Aunque existen diversos estudios sobre la asignación de tasas de interés, son escasos aquellos que se centran específicamente en su diferenciación con base en la probabilidad de riesgo del solicitante y más aún para el caso de las entidades de economía solidaria. Esto conduce a una limitación de la información disponible.

Los Acuerdos de Basilea son un conjunto de normativas bancarias internacionales que buscan establecer estándares y lineamientos para la gestión de riesgos y la solidez financiera de los bancos a nivel mundial. En su segunda versión publicada inicialmente en julio de 2004 (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea 2004), se propone un marco más sofisticado

para la evaluación del riesgo crediticio, basado en el reconocimiento del riesgo de crédito individual a través of sistemas de calificación interna, oficializan la estimación y la fijación del precio del riesgo de crédito de manera individualizada.

Hasan & Zazzara (2006) en su artículo "*Pricing risky bank loans in the new Basel 2 environment.*" publicado en la revista Journal of Banking Regulation, proponen, a partir de la idea expuesta en *Basilea II*, que si el riesgo crediticio se puede calcular de manera individual, entonces, ¿por qué la tasa de interés debería ser colectiva? Plantea entonces una metodología que permita estimar las nuevas tasas ajustadas con base en el perfil de riesgo, utilizando las directrices de Basilea.

La metodología propuesta, es diferenciar la tasa de interés a partir de 3 componentes de riesgo: La pérdida esperada (lo que en promedio se espera que un cliente deje de pagar), la pérdida inesperada (dada la volatilidad del riesgo, lo que se puede perder por encima de la perdida esperada) y el costo de liquidez. Hace el ajuste de tasas con base a la probabilidad de default (Probabilidad de impago), la tasa de recuperación (La recuperación dada la perdida, el porcentaje de la deuda que puedo recuperar), la tasa libre de riesgo (la tasa a la que podría prestar, si no existe riesgo de incumplimiento) y el valor de salvamento. Considerando todos estos elementos previamente mencionados, los autores construyen una fórmula específica para calcular la tasa de interés para cada individuo. La propuesta metodológica de estos autores se describe con mayor detalle en la **Sección 3.9** del marco teórico de este documento.

Bermúdez Vera et al. (2020) en el artículo *Modelo para la estimación del deterioro por riesgo de crédito*, construye un modelo de regresión logística para la estimación de la probabilidad de incumplimiento de sus asociados y valora el desempeño del modelo desde el poder de discriminación entre cumplidos e incumplidos mediante el método *Hold Out* repetido. Con este modelo estima la probabilidad de incumplimiento de los asociados y determina la tasa de recuperación de acuerdo con el tipo de garantía que presente cada crédito, permitiendo así estimar la pérdida esperada y las provisiones de cartera necesarias para la entidad.

Rayo Cantón et al. (2010) en el artículo *Un Modelo de Credit Scoring para instituciones de microfinanzas en el marco de Basilea II* presenta un modelo de credit scoring diseñado específicamente para una entidad financiera de microcréditos en Perú. Este modelo tiene como objetivo gestionar el riesgo de crédito conforme a los lineamientos de Basilea II, adaptándose a las necesidades de una empresa pequeña y disponiendo de herramientas que permitan establecer modelos de medición (scorings y ratings) con el objetivo de discriminar a los clientes según su perfil de riesgo, sistemas de seguimiento del riesgo vivo y modelos de evaluación de la exposición y la severidad en el riesgo de crédito.

Kao (2000) en el artículo *Estimating and Pricing Credit Risk: An Overview*. Revisa la evolución en la modelización y la determinación del riesgo crediticio a lo largo de las últimas

tres décadas. Inicia con un análisis de las propiedades estadísticas del comportamiento de los diferenciales de crédito a lo largo del tiempo. Posteriormente, examina diversos modelos cuantitativos diseñados para evaluar la solvencia de una empresa y sus probabilidades de impago.

Al ser el objetivo principal la evaluación del riesgo crediticio, se exploran los elementos fundamentales de un modelo de valoración del riesgo crediticio, incluyendo los tipos de interés, la migración de impago/calificación y las tasas de recuperación. El artículo concluye con un breve análisis de las aplicaciones de la valoración del riesgo crediticio y sugiere temáticas para próximas investigaciones.

Centrándose en el papel que ha desarrollado el riesgo de impago y las consecuencias que esto conlleva, el artículo presentado por **Edelberg (2006)** examina tanto el alcance como las consecuencias de este mayor uso de la fijación de tasas basadas en el riesgo en los mercados de préstamos al consumo durante mediados de la década de 1990. Esto generó un cambio en los niveles de endeudamiento y la diferencia en los préstamos fue notoria, pues los costes relativos empezaron a ser más justos, especialmente para los prestatarios con menor riesgo, quienes ya no debían pagar altas tasas de interés como solución para mitigar el riesgo que significaban los deudores con mayor probabilidad de impago.

Antes de 1990 las personas que significaban un mayor riesgo para la entidad financiera se veían excluidos de poder obtener algún tipo de crédito (Edelberg 2006), por lo que otro avance al empezar a implementar la diferenciación de tasas de interés fue que dio lugar a un mayor acceso al crédito para este grupo de personas, a través de la fijación de tasas de interés mayores que compensaran el riesgo.

Por lo tanto, el documento sugiere principalmente que las variaciones a lo largo del tiempo en los niveles de endeudamiento de los prestatarios y el uso de instrumentos de deuda son coherentes con este cambio de prácticas de fijación de tasas de interés diferenciales.

La gestión del riesgo es un componente clave en la gobernabilidad y sostenibilidad de una institución financiera, por lo que sus componentes siguen siendo estudiados como se evidencia en el artículo presentado por **Fiordelisi et al. (2022)** en el cual dan una visión de los principales componentes de la fijación de tasas de interés y señalan la importancia de adoptar modelos de fijación de tasas ajustadas al riesgo adecuadamente integrando el modelo de negocio, el perfil de riesgo y la gobernanza general del riesgo de los bancos. Además, muestran una perspectiva sobre la relación entre los componentes de la fijación de tasas de interés y el coeficiente por intereses de los bancos, demostrando que la aplicación de modelos internos avanzados basados en el riesgo, el cálculo de la tasa de equilibrio y la aplicación de las mediadas de rentabilidad ajustada al riesgo en la fijación de tasas mejoran los resultados de los bancos.

3. Marco Teórico

Este capítulo presenta el Marco Teórico el cual aborda los conceptos fundamentales necesarios para comprender adecuadamente los términos relacionados con la asignación de tasas de interés ajustadas al riesgo, dando sustento a los conceptos más relevantes para el desarrollo de la metodología, comprender los resultados y las conclusiones obtenidas en el proyecto.

3.1. Tasa de interés

Se define como el cobro que imponen todas las entidades financieras por prestar dinero (Vera 2003). Este costo no solo corresponde al riesgo asociado a la entrega de préstamos, sino también los gastos administrativos vinculados a la gestión de estos. La tasa de interés está sujeta a variaciones determinadas por diversos factores, entre los cuales destaca la influencia del Banco de la República. Este organismo se reúne mensualmente para fijar la tasa de interés máxima permitida en el mercado financiero denominada *Tasa de Usura*, así como también la *Tasa de Intervención*, que constituye la base para calcular el costo de los recursos en la economía.

La tasa de interés representa una componente esencial en la gestión de riesgos financieros. Su determinación y evaluación adecuadas no solo contribuyen a la sostenibilidad de las entidades financieras, sino que también influyen directamente en las decisiones estratégicas relacionadas con la concesión de créditos. Una gestión eficiente de la tasa de interés se convierte en una herramienta fundamental para asegurar la estabilidad y la viabilidad financiera de las instituciones

3.2. Economía solidaria

El Artículo 2 de la Ley 454 de 1998 (Congreso de Colombia 1998), define la economía solidaria como el sistema socioeconómico, cultural y ambiental, conformado por el conjunto de fuerzas sociales organizadas en formas asociativas, identificadas por prácticas autogestionarias, solidarias, democráticas y humanistas, sin ánimo de lucro para el desarrollo integral del ser humano como sujeto, actor y fin de la economía. Las actividades financieras de las entidades de economía solidaria son supervisadas, inspeccionadas y controladas por la Superintendencia de la Economía Solidaria.

La Superintendencia Financiera de Colombia (Superintendencia Bancaria de Colombia 2008), es responsable de supervisar el reglamento financiero y los sistemas de mercado de Colombia con el objetivo de preservar la estabilidad, la seguridad y la confianza, así como para promocionar, organizar y desarrollar el mercado de valores colombiano. Paralelamente, las actividades financieras de las entidades pertenecientes al sector de la economía solidaria están sujetas a la supervisión, inspección y control de la **Superintendencia de la Economía Solidaria**.

La Circular Básica Contable y Financiera de 2008, específicamente en la Circular externa No. 004 de 2008 (Superintendencia de la Economía Solidaria 2008), se define que las organizaciones solidarias de primer nivel de supervisión (las que ejercen actividad financiera y las del sector real consideradas de primer nivel por esta Superintendencia), los Fondos de Empleados y las asociaciones mutuales sometidas a la vigilancia de la Superintendencia de la Economía Solidaria, previo a la realización de la inversión deberán realizar los análisis necesarios sobre el riesgo emisor con el fin de tener una mayor seguridad en el retorno de la inversión. Por su parte, la Circular externa No. 022 de 2020 (Ricardo Lozano Pardo, Superintendente 2020), establece que es obligación fundamental de las entidades de economía solidaria, que tengan cartera de crédito, contar con SARC (Sistema de Administración del Riesgo Crediticio) (DANE 2005).

3.3. Fondos de empleados

Los Fondos de Empleados han sido regulados mediante el Decreto Ley 1481 de 1989 (Superintendencia de la Economía Solidaria 2020) el cual, en su Artículo 2 los ha definido como empresas asociativas, de derecho privado, sin ánimo de lucro, constituidas por trabajadores y subordinados, con el objetivo de generar un sentido social y solidario entre los colaboradores. La inspección, vigilancia y control de los Fondos de Empleados está a cargo de la Supersolidaria.

Estas organizaciones fomentan el ahorro entre empleados, mediante un aporte mensual, lo cual genera un hábito para sus asociados y posteriormente se utiliza para los créditos que el mismo fondo otorga, con tasas de interés habitualmente más bajas.

3.4. Riesgo crediticio

El Artículo 1477 de 2018 (Ministerio de Hacienda y Crédito Público 2018), establece que se entiende por riesgo crediticio a la posibilidad de que un establecimiento de crédito incurra en pérdidas y se disminuya el valor de su Patrimonio Técnico como consecuencia de que sus

deudores fallen en el cumplimiento oportuno de sus obligaciones o cumplan imperfectamente las obligaciones financieras en los términos acordados.

En el caso de Colombia, aunque no se rige directamente por el acuerdo de Basilea, se han creado regulaciones que buscan los mismos objetivos de dicho tratado, estas regulaciones se han estructurado bajo el Sistema de Administración de Riesgo Crediticio (en adelante SARC) (Superintendencia de la Economía Solidaria 2021*b*), el cual desde su surgimiento en el año 2002 ha sido novedoso para el entorno Latinoamericano en la fijación de políticas de control crediticio.

Específicamente, lo que busca el SARC es que las instituciones financieras desarrollen métodos autónomos para calcular y prever posibles pérdidas, esto se debe a que la clasificación de la cartera y sus consecuencias dependen de la historia crediticia de cada establecimiento de crédito, por tanto, cada uno debe desarrollar sus modelos de clasificación y gestión de riesgo (Serrano Rodríguez 2005).

La gestión eficaz del riesgo se convierte en una herramienta esencial para anticipar, evaluar y mitigar las amenazas potenciales, lo que permite tomar decisiones informadas, optimizar los recursos y salvaguardar el bienestar de las personas y el éxito de las empresas. En Colombia, las entidades encargadas de la supervisión, inspección y control del sistema financiero colombiano son la Superintendencia Financiera (Superfinanciera) y la Superintendencia de Economía Solidaria (Supersolidaria), que son las que se encargan de promulgar normativas con el fin de incorporar las mejores prácticas en la gestión del riesgo.

3.5. Sistema de Administración de Riesgo de Crédito (SARC)

En Colombia, la Superintendencia de Economía Solidaria (Superintendencia Bancaria de Colombia 2008) establece que el SARC es el Sistema de Administración de Riesgo de Crédito que deben implementar y/o complementar las organizaciones solidarias vigiladas, con el propósito de, identificar, medir, controlar y monitorear el riesgo de crédito al cual se encuentran expuestas en el desarrollo de su proceso de crédito.

Dicho sistema deberá permitirles adoptar decisiones oportunas para la adecuada mitigación del riesgo crediticio. Para su eficiente funcionamiento, el SARC debe incluir políticas y procedimientos claros que definan los criterios para la identificación, evaluación, asunción, calificación, control y cobertura del riesgo crediticio. Los órganos de dirección, administración y control de las organizaciones deben adoptar políticas y mecanismos especiales para gestionar el riesgo de crédito a lo largo de todo el proceso crediticio, incluyendo el otorgamiento y seguimiento continuo de créditos.

Por lo anterior, deberán adoptar metodologías o criterios que les permitan durante la etapa de otorgamiento de crédito, evaluar el perfil deudor del asociado y su capacidad de pago. Para llevar a cabo la medición en la etapa del ciclo de crédito de seguimiento y control del riesgo, se deberán tener en cuenta dos (2) factores asociados específicamente al riesgo crediticio que se definen en el Capítulo II de la Circular Básica Contable y Financiera (Superintendencia de la Economía Solidaria 2021b):

- **Probabilidad de incumplimiento del deudor (PI):** Probabilidad de que un asociado incumpla parcial o totalmente una obligación en un horizonte de tiempo, explicado por un conjunto de variables sociodemográficas, historial crediticio e indicadores financieros. La probabilidad de incumplimiento permite evaluar el perfil deudor.
- **Severidad o Pérdida dado el incumplimiento (PDI):** Corresponde al porcentaje (%) promedio que no se logra recuperar de hacer efectiva la garantía ante un incumplimiento. La PDI varía por tipo de garantía.

3.6. Pérdida esperada

La pérdida esperada puede ser anticipada por los bancos con la ayuda de métodos estadísticos (Bröker & Lehrbass 2001), ya que es prácticamente la media de las pérdidas asumidas durante un periodo de tiempo determinado. Estas pérdidas están relacionadas con la probabilidad de impago de la contraparte y la tasa de recuperación de la línea de crédito específica. Los tres componentes necesarios para calcularla son la Probabilidad de impago (PI), la pérdida en caso de impago (PDI) y el tamaño de la deuda en el momento del impago (EAD).

$$PE = PI \times PDI \times EAD \quad (3-1)$$

3.7. Pérdida Inesperada

La pérdida inesperada es el riesgo real que asume una entidad financiera cuando ofrece créditos. Por esta razón, los reguladores de todo el mundo instan a las entidades financieras a dotarse de capital para cubrir las pérdidas potenciales y garantizar así la estabilidad de todo el sistema financiero. Puede calcularse como la diferencia entre la pérdida esperada prevista y la pérdida que se ha producido realmente en un periodo de tiempo específico (Jung & Strohhecker 2009).

$$PIN = EAD * \sqrt{EAD} * \sigma^2 PDI + PDI^2 * \sigma^2 PI \quad (3-2)$$

Donde $\sigma^2 = PI * (1 - PI)$

La relación entre PE y PIN puede ilustrarse a través de la siguiente Figura 3-1:

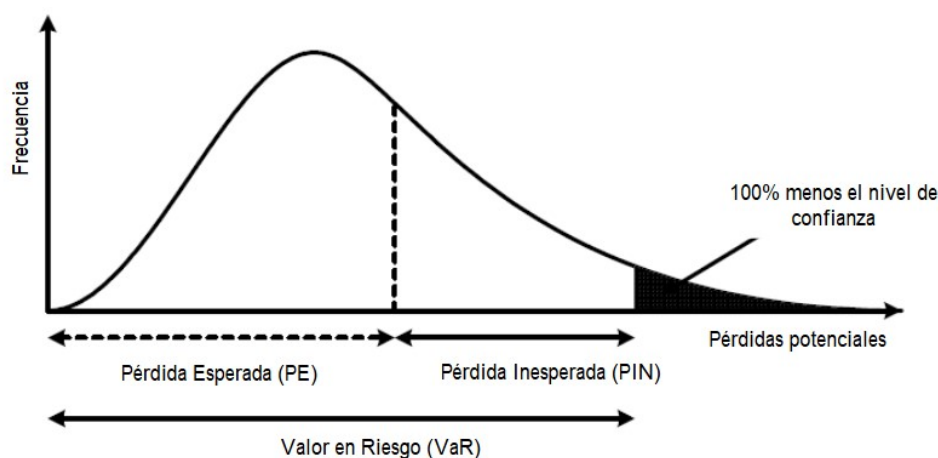


Figura 3-1.: Relación entre la Pérdida Esperada y la Pérdida Inesperada.

Fuente: Adaptado de publicación Bank of International Settlements (2005)

La curva de la Figura 3-1 describe la probabilidad de pérdidas de una determinada magnitud. El área bajo la curva entera es igual a 1 (es decir, es el gráfico de una densidad de probabilidad). La curva muestra que las pequeñas pérdidas cercanas o ligeramente inferiores a la Pérdida Esperada ocurren con mayor frecuencia que las grandes pérdidas. La probabilidad de que las pérdidas excedan la suma de la Pérdida Esperada (*PE*) y la Pérdida Inesperada (*PIN*), es decir, la probabilidad de que un banco no pueda cumplir con sus propias obligaciones crediticias con sus ganancias y capital, es igual al área sombreada bajo el lado derecho de la curva. 1 menos esta probabilidad se denomina nivel de confianza y el umbral correspondiente se denomina Valor en Riesgo (*VaR*) en este nivel de confianza. Si el capital se fija de acuerdo con la brecha entre *PE* y *VaR*, y si *PE* está cubierto por provisiones o ingresos, entonces la probabilidad de que el banco permanezca solvente durante un horizonte de un año es igual al nivel de confianza (Bank of International Settlements 2005).

3.8. Acuerdos de Basilea

Los Acuerdos de Basilea representan un marco regulatorio esencial en el ámbito bancario internacional, destinado a establecer directrices y estándares que fortalezcan la gestión de

riesgos y la estabilidad financiera de las instituciones bancarias a escala global (Hasan & Zazzara 2006). La segunda versión de estos acuerdos, inicialmente publicada en junio de 2004, marcó un hito significativo al introducir un marco más avanzado para la evaluación del riesgo crediticio, la cual se fundamenta en 3 pilares que son: Requerimientos mínimos de Capital, Principios Básicos de Supervisión y Disciplina de Mercado, los cuales se recomienda sean implementados por medio de las entidades reguladoras de los distintos países (Basel Committee on Banking Supervision 2004).

Este marco más sofisticado se fundamenta en el reconocimiento del riesgo de crédito individual, y su implementación se basa en sistemas de calificación interna. En este sentido, para el año 2004 surge el *Nuevo Acuerdo de Basilea*, que supone un gran reto para supervisores y entidades financieras, lo cual da cabida e incentiva la implantación de modelos propios, llamados internos (IRB) ¹, para la medición de los riesgos financieros en las entidades de crédito (Samaniego Medina 2005).

Por lo anterior, en lugar de abordar el riesgo crediticio de manera generalizada, los Acuerdos de Basilea II oficializaron la capacidad de las entidades bancarias para evaluar y fijar el precio del riesgo de crédito de manera individualizada (Hasan & Zazzara 2006). Este enfoque individualizado permite una aproximación más precisa y detallada a la evaluación de riesgos, reconociendo las particularidades de cada cliente y adaptándose a las características específicas de sus perfiles de riesgo.

La introducción de sistemas de calificación interna implica que los bancos pueden utilizar sus propios modelos y metodologías para evaluar el riesgo crediticio, permitiendo una mayor flexibilidad y adaptabilidad a las cambiantes condiciones del mercado y las dinámicas económicas. Al oficializar este enfoque individualizado, los Acuerdos de Basilea II impulsaron una evolución fundamental en la manera en que las instituciones financieras abordan y gestionan el riesgo crediticio, promoviendo una mayor precisión y eficiencia en la toma de decisiones financieras. Este cambio hacia una evaluación más detallada y personalizada del riesgo crediticio ha contribuido significativamente a la resiliencia y estabilidad del sistema financiero a nivel global.

3.9. Fijación de tasas de interés basadas en el riesgo (Risk-based pricing)

Según Edelberg (2006), la discusión sobre tasas de interés diferenciadas toma lugar desde 1990 y se empezó a aplicar en los bancos a mediados de la misma década. Establecer una

¹ “Basel II Internal Ratings-Based approach”, el cual se refiere a un marco dentro de las regulaciones bancarias de Basilea II que permite a los bancos utilizar sus propias evaluaciones internas de riesgo crediticio (ratings) para calcular el capital que necesitan mantener para sus préstamos.

tasa de interés según el riesgo implica que los prestamistas ofrezcan tasas de interés o condiciones de préstamo distintas a diversos consumidores. Esta diferenciación se fundamenta en evaluaciones de riesgo que determinan la probabilidad de que ciertos consumidores no cumplan con el pago de sus préstamos (PI).

Si los bancos no emplean el concepto de precios ajustados al riesgo, los deudores financieramente fuertes podrían estar pagando una prima de riesgo excesivamente alta, mientras que los deudores financieramente débiles podrían estar beneficiándose de un diferencial demasiado bajo.

Basándose en las directrices de *Basilea II* Hasan & Zazzara (2006) en su artículo “*Pricing risky bank loans in the new Basel 2 environment.*” sugieren que si es posible calcular el riesgo crediticio de cada préstamo de manera individual, las tasas de interés también deberían ser calculadas según el perfil de cada individuo. Los autores proponen un método para determinar tasas ajustadas al riesgo, que permite calcular tasas de interés personalizadas, basadas en el perfil de riesgo del cliente, y alineadas con los estándares de Basilea II.

La ecuación de la tasa ajustada en función del riesgo planteada, considera la tasa como la suma de dos componentes y para cada una proponen un enfoque metodológico específico como se muestra en la **Ecuación 3-3**.

$$\underbrace{r_n^i}_{\text{Tasa Ajustada al Riesgo.}} = \underbrace{\left[\frac{(1 + r_n^F)^n - R \cdot p_n^i}{1 - p_n^i} \right]^{\frac{1}{n}} - 1}_{\text{REL Remuneration for the Expected Loss.}} + \underbrace{B2_n^i \cdot \left[\frac{2}{3} \cdot \text{ROE}_{\text{expected}} + \frac{1}{3} \cdot (\text{Spread}_{\text{sub}} + r_n^F) \right]}_{\text{RUL Remuneration for the Unexpected Loss.}}$$

(3-3)

El primer componente, relacionado con la Pérdida Esperada (*PE*), se determina bajo un enfoque de neutralidad al riesgo. Este enfoque asume que un inversor está dispuesto a aceptar una tasa de interés más baja por una inversión segura, pero exigirá una tasa más alta por una inversión riesgosa para compensar el riesgo de pérdida e incumplimiento. El segundo componente, relacionado con la Pérdida Inesperada (*PIN*), se determina bajo las nuevas fórmulas de los requisitos de capital de Basilea II. Estos componentes representan el requisito de capital para una exposición crediticia como una función del riesgo.

El componente de Remuneración por Perdida Esperada (*REL*), está relacionado con la probabilidad de que el cliente incumpla en los pagos del crédito y la cantidad de dinero que el banco podría recuperar en que caso de que suceda. Estas estimaciones usualmente se realizan a través del sistema interno de calificación de riesgos del banco.

El artículo plantea que los bancos deben ajustar las tasas de interés de los créditos para incorporar una remuneración que refleje el capital necesario para cubrir el riesgo asumido. Este capital, se denomina “*Capital regulatorio*”, el cual representa el capital económico que la entidad financiera deberá provisionar para protegerse contra las posibles pérdidas inesperadas. En este contexto, el componente de Remuneración por Pérdida Inesperada (*RUL*) determina el incremento en la tasa de interés ajustada que es necesario para compensar dichas pérdidas.

4. Metodología

El análisis del riesgo crediticio es una disciplina fundamental en la gestión del riesgo financiero de cualquier entidad involucrada en actividades crediticias. En este capítulo se presenta la propuesta metodológica de este proyecto, en la cual se adapta la propuesta de Hasan & Zazzara (2006) para el uso de la fijación de las tasas de interés según el riesgo crediticio, con el fin de aplicarla a fondos de empleados, permitiendo que adopten políticas y mecanismos especiales para la adecuada administración del riesgo, no solo desde la perspectiva de su cubrimiento a través de un sistema de deterioro, sino también mediante la administración del proceso de otorgamiento de créditos y permanente seguimiento de los mismos.

Para la aplicación de esta metodología, se dispone de los datos de una cartera compuesta por 3.118 créditos de consumo, otorgados por un fondo de empleados en el periodo de enero a julio de 2024. El uso de estos datos ha sido debidamente autorizado por la entidad, bajo un acuerdo de confidencialidad que protege la información sensible de sus asociados. Para cada crédito, se registran variables clave como el monto, el número de cuotas, la modalidad de pago, entre otras relevantes para el cálculo de la tasa de interés en función del riesgo crediticio

4.1. Fijación de tasas de interés

En el ámbito del crédito, las Instituciones de Economía Solidaria (IES) presentan una particularidad: los prestatarios (quienes reciben el préstamo) son, a su vez, los prestamistas (quienes otorgan el crédito), ya que ambos son asociados de la entidad (**Figura 4-7**)

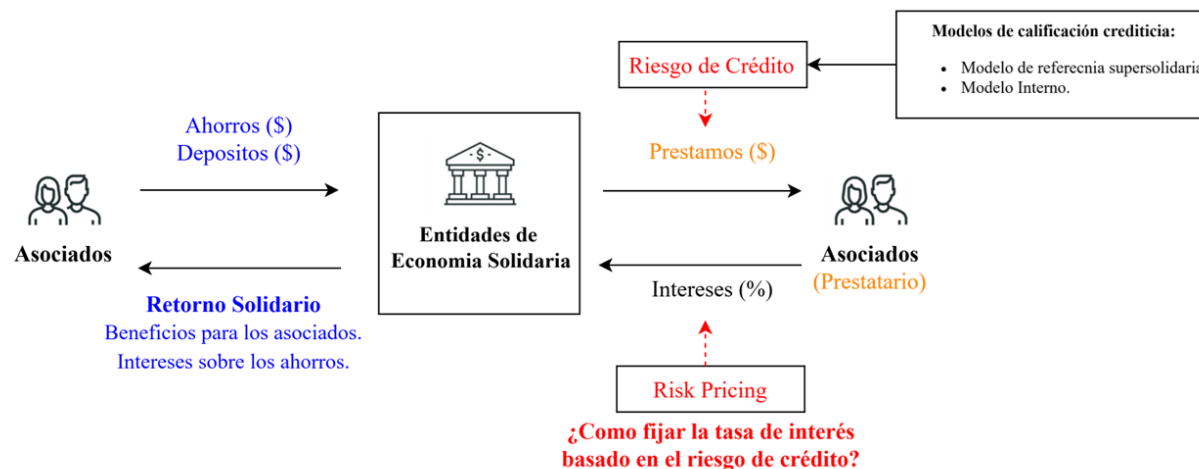


Figura 4-1.: Esquema general de la actividad crediticia en una institución de economía solidaria.

Por lo tanto, la fijación de las tasas de interés para créditos en entidades de economía solidaria implica un proceso estratégico y técnico que combina varios factores de análisis. Estas tasas buscan equilibrar el costo del crédito, el retorno solidario (beneficios para los asociados e intereses sobre los ahorros), el riesgo asociado al prestatario y al entorno económico (competitividad en el mercado).

La tasa de interés refleja el costo del dinero en un momento determinado y está influenciada por una combinación de factores económicos, financieros y regulatorios. Determinarla implica analizar distintas variables y dinámicas del mercado. A continuación, se describe el proceso para entender y calcular la tasa de interés.

4.1.1. Tasa inicial libre de riesgo

La tasa libre de riesgo representa el rendimiento mínimo garantizado en una inversión. Es decir, es el rendimiento que se obtendría al invertir en un activo considerado completamente seguro. Esta tasa se utiliza como punto de partida para calcular la rentabilidad adicional que se espera obtener al invertir en activos más riesgosos (Corporate Finance Institute, Tim Vipond n.d.).

La **Figura 4-2** presenta los componentes fundamentales para la determinación de la tasa inicial libre de riesgo en el contexto de una entidad de economía solidaria. Esta tasa constituye la base para calcular el valor del crédito que puede ser otorgado a un asociado con un perfil de riesgo favorable. Su estimación incorpora dos aspectos principales: en primer lugar, los elementos relacionados con la sostenibilidad solidaria; y en segundo lugar, el análisis de las tasas de referencia vigentes a nivel nacional.

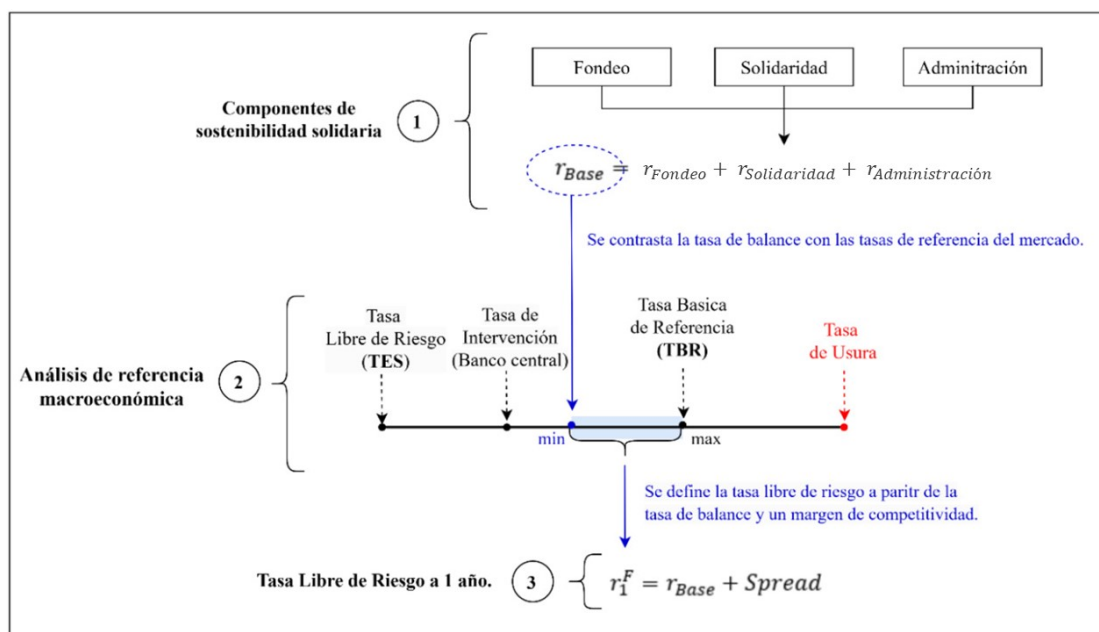


Figura 4-2.: Componentes para el cálculo de la tasa inicial libre de riesgo

■ Componentes de sostenibilidad solidaria

Los componentes de sostenibilidad solidaria representan pilares fundamentales para que una entidad solidaria equilibre su misión social con su viabilidad financiera. Estos elementos incluyen:

1. **Gestión eficiente del fondeo:** Asegura la disponibilidad de recursos necesarios para las operaciones de crédito.
2. **Enfoque solidario:** Prioriza el bienestar colectivo y el cumplimiento de objetivos sociales, alineándose con los valores cooperativos.
3. **Gestión administrativa adecuada:** Garantiza la sostenibilidad operativa y financiera a largo plazo.

La interacción de estos componentes permite a la entidad cumplir su propósito solidario, al tiempo que mantiene un modelo de operación competitivo, sostenible y en armonía con sus principios cooperativos.

■ Componentes de la tasa base (r_{Base})

La tasa base de interés que la entidad aplica a un crédito debe cubrir, al menos, los siguientes componentes:

1. Tasa por Fondeo (r_{Fondeo})

La tasa por fondeo refleja el costo básico del dinero utilizado por la entidad, derivado del origen de los recursos:

- **Aportes de asociados:** Se considera un costo implícito basado en las expectativas de retorno de los socios.
- **Depósitos de asociados:** Se calcula un rendimiento promedio dependiente de los plazos de los Certificados de Depósito a Término (CDT).
- **Recursos externos:** Se aplica la tasa promedio de financiamiento externo en caso de préstamos o líneas de crédito.

El costo básico del fondeo se obtiene como un promedio ponderado de las tasas reconocidas a los aportantes, de acuerdo con la proporción de cada tipo de aporte dentro de la estructura general del fondeo. Este valor representa la mínima tasa de interés necesaria para equilibrar los ingresos por los préstamos con los rendimientos pagados a los aportantes.

2. Tasa por Solidaridad ($r_{Solidaridad}$)

La tasa por solidaridad integra un componente adicional que financia programas de apoyo, subsidios o descuentos para los asociados. Este porcentaje, ajustable según las políticas internas, debe mantenerse moderado para evitar un encarecimiento excesivo de la tasa final. Por ejemplo, un fondo puede asignar entre un 1 % y un 2 % del dinero captado a fines solidarios.

3. Tasa por Administración ($r_{Administración}$)

La tasa por administración incluye los costos operativos asociados con la gestión del fondo, tales como:

- **Gastos administrativos:** Incluyen costos generales de operación.
- **Gastos tecnológicos:** Asociados a la implementación y mantenimiento de sistemas.
- **Costos variables:** Relacionados con el volumen total de créditos otorgados.

Es fundamental calcular estos costos promedio por cada peso prestado, asegurando que se incluya un margen suficiente para la operación administrativa del fondo.

- **Cálculo de la Tasa Base**

Teniendo en cuenta los aspectos anteriores, la tasa base de interés puede expresarse como:

$$r_{\text{base}} = r_{\text{Fondeo}} + r_{\text{Solidaria}} + r_{\text{Administración}} \quad (4-1)$$

Esta tasa base se interpreta como la tasa libre de riesgo para la entidad, destinada a prestatarios con un perfil de pago excelente. Su estructura garantiza la cobertura de los rendimientos del fondeo, el financiamiento de actividades solidarias y los costos administrativos, asegurando la operación administrativa de la entidad.

4.1.2. Análisis de referencia macroeconómica

El análisis de las referencias macroeconómicas es fundamental para contextualizar y ajustar las tasas de interés de una entidad solidaria, garantizando que sean competitivas, sostenibles y alineadas con las condiciones del mercado financiero. Este análisis considera las principales tasas de referencia económicas que influyen en el costo de los recursos y en la determinación de la tasa libre de riesgo.

1. **Tasa Libre de Riesgo (TES – Títulos del Tesoro Emitidos por el Gobierno Nacional)**

La tasa libre de riesgo se obtiene a partir del rendimiento de los valores TES, que representan instrumentos financieros emitidos por el Gobierno Nacional. Esta tasa refleja el retorno sin riesgo en el mercado local y sirve como un indicador fundamental para la construcción de tasas de referencia en la economía.

2. **Tasa de Intervención del Banco de la República**

También conocida como tasa de política monetaria o tasa de referencia, esta tasa es definida por el Banco de la República y constituye la base para calcular el costo de los recursos en la economía. Su influencia se extiende al sistema financiero, afectando las tasas activas y pasivas. En el contexto de las entidades solidarias, se utiliza como un punto de partida para establecer una tasa mínima de referencia.

3. **Condiciones del Mercado Financiero (TBR - Tasa Básica de Referencia)**

La Tasa Básica de Referencia corresponde al promedio de las tasas activas ofrecidas por otras instituciones financieras, incluyendo bancos, cooperativas y entidades solidarias. Este indicador garantiza que la entidad no supere los límites legales, como la tasa de usura, y permite establecer tasas competitivas en el mercado.

4. Tasa de Usura

La tasa de usura es el límite máximo legal que puede cobrarse por un crédito. Se calcula como el 1.5 del interés bancario corriente ¹ y actúa como un control regulatorio para proteger a los usuarios del sistema financiero de costos excesivos

4.1.3. Cálculo de la tasa libre de riesgo a 1 año

Una vez definida la tasa de base, esta se presenta como una recomendación para la junta directiva de la entidad, sirviendo como punto de partida para compararla con las tasas de referencia del mercado. En caso de que la tasa de balance resulte inferior a las condiciones del mercado, se puede incorporar un margen de competitividad (*spread*) que permita ajustar la tasa y fortalecer la posición competitiva de la entidad.

La tasa libre de riesgo a 1 año se calcula según la siguiente fórmula 5.2:

$$r_1^F = r_{base} + spread \quad (4-2)$$

De esta manera se asegura que la tasa:

- Sea competitiva frente a las tasas ofrecidas por otras entidades.
- No exceda la tasa de usura.
- Mantenga un balance entre el costo para los asociados y la sostenibilidad del fondo.

Esta primera formulación de tasa representa el valor del crédito que puede ser otorgado a un asociado con un perfil de riesgo favorable. Su cálculo garantiza la financiación de las actividades solidarias programadas, la retribución económica correspondiente a los aportes captados de los asociados, y la sostenibilidad administrativa de la entidad. Sin embargo, esta tasa no contempla factores relacionados con el riesgo de impago inherente al préstamo, ni las reservas presupuestales necesarias para mitigar dicho riesgo.

¹Para el cálculo de la **Tasa de Interés Bancario Corriente** se realiza un promedio ponderado de las tasas de crédito de consumo (excluye tarjetas de crédito de personas naturales); microcrédito; comercial (excluyendo de esta modalidad los créditos de tesorería, así como las tarjetas de crédito empresariales) y créditos de vivienda colocados en pesos (excluyendo las colocaciones realizadas en UVR) del mes inmediatamente anterior.

4.1.4. Probabilidad de impago a 1 año (p^i)

La Superintendencia de la Economía Solidaria, en el ítem 5.3.1 del capítulo II (Superintendencia de la Economía Solidaria 2021a), propone un modelo de referencia para la estimación de la probabilidad de incumplimiento con el objetivo de que las organizaciones mantengan provisiones acordes al riesgo del sector y fortalezcan la confianza de los asociados en dichas entidades. Las organizaciones solidarias vigiladas deberán implementar este modelo para calcular la probabilidad de incumplimiento (PI) de acuerdo con la modalidad de la cartera crediticia, las cuales se diferencian según si el crédito cuenta o no con libranza.

El modelo asigna un puntaje basado en las características específicas de cada deudor, mediante la siguiente ecuación:

$$puntaje = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad (4-3)$$

Con el puntaje obtenido, se determinan las calificaciones de riesgo, las cuales establecen la probabilidad de incumplimiento correspondiente. El valor de “Z” varía según la modalidad de crédito a la que pertenezca el deudor. A continuación, se presentan los valores de Z para cada tipo de crédito:

- **Modelo de Referencia de consumo con libranza**

Para obtener el puntaje de los deudores de la cartera de consumo con libranza, las organizaciones solidarias deben aplicar la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Z = & -2.2504 - 0.8444 * EA - 1.0573 * AP + 1.0715 * TC - 0.0139 * FE + 0.4187 * \\ & ESIN + 0.5313 * FAMOR - 0.5536 * VALCUOTA - 0.3662 * VALPRES + 0.0586 \\ & * OCOOP - 0.5981 * FONAH0 - 1.3854 * COOCDAT - 0.5893 * FONDPLAZO \\ & + 0.7833 * ANTIPRE1 + 0.8526 * MORA15 + 1.4445 * MORA1230 + 1.3892 \\ & * MORA1260 + 0.2823 * MORA2430 + 0.7515 * MORA2460 - 0.6632 * \\ & SINMORA + 1.2362 * MORTRIM \end{aligned}$$

- **Modelo de Referencia de consumo sin libranza**

Para obtener el puntaje de los deudores de la cartera de consumo sin libranza, las organizaciones solidarias deben aplicar la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Z = & -1.8017 - 0.3758 * EA - 1.1475 * AP + 0.4934 * REEST - 0.387 * \\ & CUENAH0 - 1.0786 * CDAT - 0.0167 * PER + 0.3204 * ENTIDAD1 - 0.8419 \\ & * SALPRES + 0.1271 * ANTIPRE1 - 0.3912 * ANTIPRE2 - 0.4892 * VIN2 + \end{aligned}$$

$$0.7877 * MORA1230 + 2.5651 * MORA1260 + 0.696 * MORA2430 + 2.908 * MORA2460 + 0.8114 * MORA3615$$

Lo cual finalmente deriva en la siguiente tabla de clasificación de riesgo, según la PI obtenida con el modelo de referencia para fondos de empleados de la Supersolidaria:

Tabla 4-1.: Probabilidad de Impago crédito sin libranza

Calificación	Probabilidad de Impago
A	1,95 %
B	10,88 %
C	23,13 %
D	35,89 %
E	50,14 %

Tabla 4-2.: Probabilidad de Impago crédito con libranza

Calificación	Probabilidad de Impago
A	0,20 %
B	1,70 %
C	4,40 %
D	9,35 %
E	20,44 %

Dada la cantidad de variables incluidas en el modelo, el conjunto completo de definiciones correspondientes a cada una de ellas se encuentra en el anexo **A-1** y **A-3** para cartera de consumo con y sin libranza respectivamente.

Para incorporar la variabilidad de la tasa considerando el riesgo crediticio y los lineamientos establecidos en Basilea II, se adopta el enfoque propuesto por Hasan & Zazzara (2006), cuyas ideas clave se describen a continuación.

4.2. Fijación de Tasa Ajustada al Riesgo

El tratamiento de los riesgos financieros se ha convertido en un factor estratégico para toda entidad financiera, independientemente de su tamaño y del sector en que realice su actividad. En el marco de *Basilea II*, su objetivo es proporcionar una estimación del capital regulatorio más sensible a los riesgos financieros, basado en el reconocimiento del otorgamiento de créditos, teniendo en cuenta las características individuales de los clientes. Por lo tanto, se propone una metodología para estimar la tasa de interés ajustada al riesgo teniendo en cuenta que el cálculo se realiza mediante la suma de dos factores importantes: Remuneración del componente de pérdida esperada (REL) y remuneración del componente por la pérdida inesperada (RUL).

$$\underbrace{\left[\frac{(1 + r_n^F)^n - R \cdot p_n^i}{1 - p_n^i} \right]^{\frac{1}{n}} - 1}_{\text{REL}} + \underbrace{B2_n^i * r_{\text{captación}}}_{\text{RUL}} \quad (4-4)$$

Los componentes de la **Ecuación 4-4** se explican en las secciones a continuación.

4.2.1. Remuneración por la pérdida esperada (REL)

De acuerdo con Hasan & Zazzara (2006), al asignar recursos financieros, una entidad enfrenta una pérdida esperada derivada de la fracción de créditos en mora y las garantías asociadas a dichos préstamos. En un marco de neutralidad al riesgo, el precio futuro de un préstamo (i) sin riesgo a 1 año r_1^F , depende de dos factores principales: la tasa de interés ajustada al riesgo r_1^i dada la probabilidad de no incumplir ($1 - p_1^i$) y la tasa de recuperación (R) en caso de incumplimiento (p_1^i), como se ilustra en la **Figura 4-3**.

$$(1 + r_1^F) = \begin{cases} (1 + r_1^i) & \text{con probabilidad } (1 - p_1^i) \\ R & \text{con probabilidad } p_1^i \end{cases}$$

Figura 4-3.: Enfoque de neutralidad de riesgo para medir el rendimiento de un préstamo (horizonte temporal de 1 año).

Por lo tanto, el riesgo del préstamo devolverá el mismo valor futuro que un préstamo sin riesgo, sobre la base de la siguiente ecuación:

$$\underbrace{(1 + r_1^F)^1}_{\text{Valor futuro de un préstamo sin riesgo a 1 año.}} = \underbrace{(1 + r_1^i)^1 \cdot (1 - p_1^i)}_{\text{Valor futuro del préstamo riesgoso en caso de supervivencia al final del año 1.}} + \underbrace{(R \cdot p_1^i)}_{\text{Importe recuperado del préstamo en caso de impago al final del año 1.}} \quad (4-5)$$

Despejando r_1^i de la ecuación, se obtiene la fórmula del tipo de interés ajustado al riesgo a 1 año, que expresa la remuneración por la pérdida esperada de un préstamo (i):

$$r_1^i = \frac{(1 + r_1^F)^1 - R * p_1^i}{1 - p_1^i} - 1 = \frac{1 + r_1^F - R * p_1^i - 1 + p_1^i}{1 - p_1^i} = \frac{r_1^F + p_1^i(1 + R)}{1 - p_1^i} \quad (4-6)$$

Sin embargo, un préstamo se puede realizar a 1, 2, 3, ..., n periodos. Por lo tanto, para obtener la estructura temporal de los tipos de interés ajustados al riesgo (a n años), se extiende el marco descrito del primer año para el segundo año, así, la ecuación de neutralidad al riesgo del segundo año será igual a:

$$\underbrace{(1 + r_2^F)^2}_{\text{Valor futuro de un préstamo sin riesgo a 2 años.}} = \underbrace{(1 + r_2^i)^2 \cdot (1 - p_2^i)}_{\text{Valor futuro del préstamo riesgoso en caso de supervivencia al final del año 2.}} + \underbrace{(R \cdot p_2^i)}_{\text{Importe recuperado del préstamo en caso de impago al final del año 2.}}$$

(4-7)

Generalizando la ecuación anterior para n periodos, se obtiene:

$$\underbrace{(1 + r_n^F)^n}_{\text{Valor futuro de un préstamo sin riesgo a n años.}} = \underbrace{(1 + r_n^i)^n \cdot (1 - p_n^i)}_{\text{Valor futuro del préstamo riesgoso en caso de supervivencia al final del año n.}} + \underbrace{(R \cdot p_n^i)}_{\text{Importe recuperado del préstamo en caso de impago al final del año n.}}$$

(4-8)

Despejando r_n^i de la ecuación, se obtiene la fórmula del tipo de interés ajustado al riesgo a n años (REL):

$$(1 + r_n^i)^n = \frac{(1 + r_n^F)^n - R * p_n^i}{1 - p_n^i}$$

(4-9)

$$r_n^i = \left[\frac{(1 + r_n^F)^n - R * p_n^i}{1 - p_n^i} \right]^{\frac{1}{n}} - 1$$

(4-10)

Donde:

- n : número de periodos (años).
- R : Tasa de recuperación.
- p_n^i : Probabilidad de impago acumulada a n periodos.
- r_n^F : Tasa libre de riesgo a n periodos.

A continuación, se explican cada uno de los parámetros de la ecuación 4-10:

- **Tasa de Recuperación (R):**

$$R = 1 - \text{PDI} \quad (4-11)$$

Donde la pérdida dado el incumplimiento (PDI) depende del tipo de garantía. En el **Anexo 2** de la **Circular Básica Contable y Financiera** (Superintendencia de la Economía Solidaria 2021a), en el apartado 4.3 señala que la PDI por tipo de garantía aplica para las modalidades de consumo con y sin libranza, y comercial persona natural, como se muestra a continuación:

Tipo de Garantía	P.D.I.	Días después del incumplimiento	Nuevo PDI	Días después del incumplimiento	Nuevo PDI
GARANTÍAS IDÓNEAS					
PRENDARIAS (Vehículos, Maquinaria)	50%	270	70%	540	100%
CONTRATOS DE FIDUCIA	50%	270	70%	540	100%
PIGNORACIÓN DE RENTAS	0%				
DEPOSITOS DE DINERO EN GARANTÍA	0%				
CARTAS STAND BY	0%				
TÍTULOS VALORES ENDOSADOS EN GARANTÍA EMITIDOS POR INSTITUCIONES FINANCIERAS	12%				
GARANTÍA SOBERANA DE LA NACIÓN (LEY 617 DE 2000)	0%				
GARANTÍAS EMITIDAS POR FONDOS DE GARANTÍAS QUE ADMINISTRAN RECURSOS PÚBLICOS (FAG, FNG)	12%				
DERECHOS DE COBRO	45%	360	80%	720	100%
OTRAS GARANTÍAS IDÓNEAS*	50%	270	70%	540	100%
HIPOTECARIA	40%	360	70%	720	100%
FIDUCIA SOBRE BIENES INMUEBLES	50%	270	70%	540	100%
GARANTÍA NO IDÓNEA ** Avalistas, Codeudores y Garantías que no cumplen con características de idoneidad	60%	210	70%	420	100%
SIN GARANTÍA ** Firma personal	75%	30	85%	90	100%

Figura 4-4.: Pérdida dado el incumplimiento según tipo de garantía.

Fuente: Adaptado de Anexo 2, Superintendencia de la Economía Solidaria (2021a)

- **Probabilidad de impago acumulada a n periodos P_n^i**

Normalmente, se estima la probabilidad de incumplimiento a 1 periodo (1 año). Sin embargo, en esta investigación se formula una propuesta con un enfoque innovador y propio para estimar la probabilidad de impago acumulada a n periodos, asumiendo que, si el prestatario ha sido cumplido con sus obligaciones hasta el periodo n , la probabilidad de impago no debe ser igual a la probabilidad del primer año, por el contrario, en lugar de mantenerse estable esta debe ser ajustada para cada período adicional por medio de un factor de reducción anual, como se presenta en la siguiente ecuación:

$$p_n^i = P(\text{Incumplimiento acumulado a } n \text{ periodos}) \quad (4-12)$$

$$p_n^i = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_1^i \cdot \alpha^{i-1}) \quad (4-13)$$

- **Tasa libre de riesgo a n periodos (r_n^F).**

Dado que los préstamos se otorgan a diferentes horizontes temporales y que en los países de América Latina la inflación es un fenómeno recurrente, que conlleva al deterioro del poder adquisitivo del dinero en el tiempo, resulta esencial ajustar la tasa libre de riesgo actual a precios futuros. Este ajuste permite trasladar una tasa libre de riesgo de un período (r_1^F) a una tasa correspondiente a n períodos (r_n^F), asegurando que las tasas reflejen adecuadamente el valor temporal del dinero.

Para este propósito, se toma como referencia la curva de rentabilidad de los TES a tasa fija publicada por el Grupo AVAL ², que proporciona los valores de los TES para distintos horizontes temporales, facilitando el cálculo y proyección de las tasas futuras.

Tabla 4-3.: Datos de Vencimiento y TES

Vencimiento	TES (%)
1	7.45 %
1.75	8.52 %
2.94	9.34 %
3.42	9.64 %
5.81	10.16 %
6.33	10.32 %
7.6	10.47 %
8.21	10.62 %
9.9	10.84 %
11.62	11.02 %
17.51	11.45 %
21.62	11.70 %
25.93	11.50 %

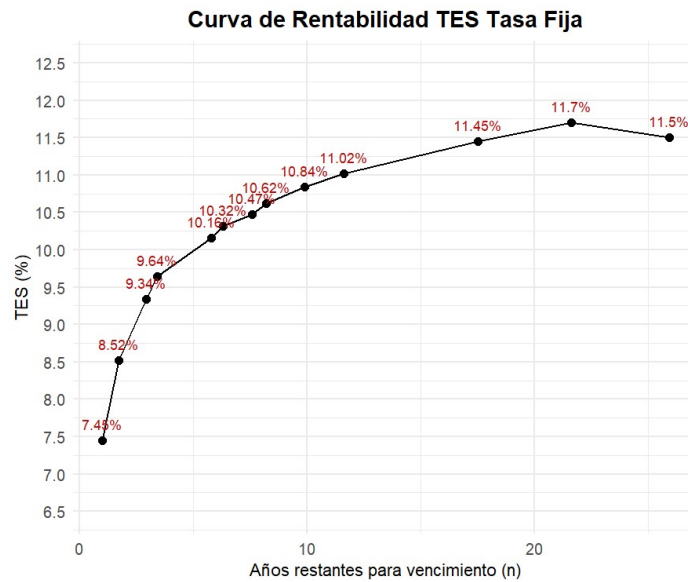


Figura 4-5.: Curva de rentabilidad valores TES

²<https://www.grupoaval.com/wps/portal/grupo-aval/aval/portal-financiero/renta-fija/tes/curva-rentabilidad>

Para la estimación de la tasa libre de riesgo, se propone reproducir la dinámica observada en el comportamiento de los TES, permitiendo así su proyección a n períodos. Como método de estimación, se ajusta una curva a los datos históricos de los TES y se replica esta dinámica en la tasa libre de riesgo establecida por el fondo, garantizando que ambas tasas compartan un comportamiento similar en el tiempo. Para ello, se utiliza un modelo de regresión cuadrático, ajustado mediante mínimos cuadrados ordinarios, con el objetivo de capturar la evolución de la tasa en función del tiempo y proporcionar una estimación de su tendencia.

Durante la construcción del modelo se identificó la necesidad de realizar una transformación en el intercepto que se ajuste a la realidad de los créditos (que no pueden tener duración cero). Es por eso que se redefine la variable temporal n en el modelo, como $(n - 1)$, esto asegura que la medición del tiempo refleje correctamente la evolución del crédito desde la primera cuota en adelante.

A partir de este razonamiento, se construyó y ajustó el siguiente modelo matemático, que permite representar la tasa libre de riesgo a n períodos en función de la tasa base del fondo, garantizando coherencia con la estructura de rendimientos de los TES. La formulación matemática propuesta a partir de este modelo es la siguiente:

$$\text{TES}(n) = \text{TES}_0 + 0,0055(n - 1) - 0,0002(n - 1)^2 \quad (4-14)$$

Una vez determinado el patrón de crecimiento de los *TES* para los distintos horizontes temporales, es posible proyectar la evolución de la tasa libre de riesgo correspondiente a un período (r_1^F , según la ecuación 5.2) hacia cualquier otro período futuro. Como se presenta en la siguiente expresión:

$$r_n^F = r_1^F + 0,0055(n - 1) - 0,0002(n - 1)^2 \quad (4-15)$$

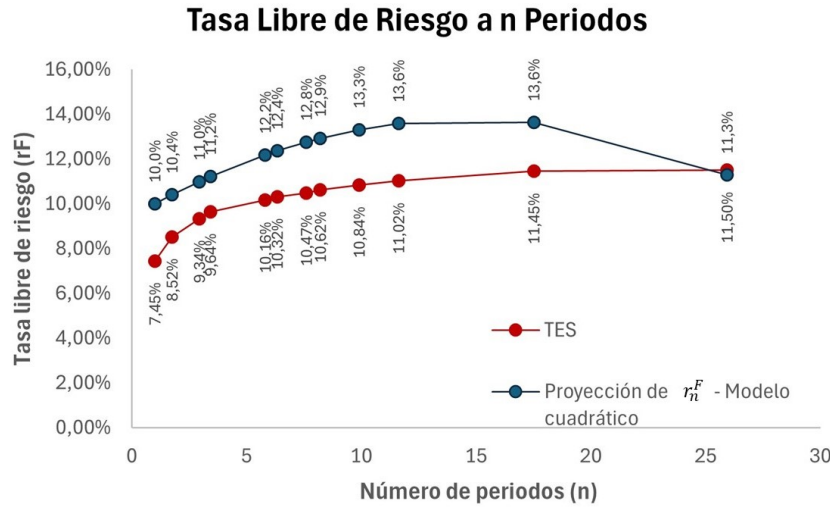


Figura 4-6.: Modelo tasa libre de riesgos

Como se observa en la **Figura 4-6**, con una tasa libre de riesgo inicial de $r_1^F = 10\%$, el modelo cuadrático construido emula correctamente el comportamiento y la estructura de los TES para la estimación del valor de la tasa libre de riesgo en los horizontes temporales necesario para el caso de estudio en específico.

Además de las condiciones de riesgo vinculadas a la pérdida esperada, la normativa establecida en la reciente circular contable y financiera exige a las entidades solidarias constituir provisiones sobre dichas pérdidas. Estas provisiones representan fondos que deben ser reservados para cubrir potenciales pérdidas esperadas, quedando inmovilizados en una cuenta contable sin posibilidad de ser invertidos o generar rendimientos. Esta inmovilización genera un costo de oportunidad asociado, el cual debe ser incorporado en la tasa de interés para asegurar que el valor del dinero no se deteriore con el tiempo y se eviten pérdidas financieras para la entidad.

4.2.2. Remuneración por la pérdida inesperada (RUL)

Hasan & Zazzara (2006), definen la perdida inesperada como un factor de riesgo sistémico, que es una función de la correlación de incumplimiento entre las exposiciones de la cartera. Proponen la siguiente ecuación para su cálculo:

$$RUL = B2_n^i \cdot \left[\frac{2}{3} \cdot ROE_{\text{expected}} + \frac{1}{3} \cdot (\text{Spread}_{\text{sub}} + r_n^F) \right] \quad (4-16)$$

Donde:

- $B2_n^i$: Capital Regulatorio de Basilea II
- $ROE_{expected}$: Retorno sobre el capital propio

Si bien el concepto de riesgo inesperado (RUL) está tradicionalmente ligado a entidades financieras con ánimo de lucro, su aplicación en una entidad de economía solidaria requiere una adaptación. Dado que la entidad no busca maximizar las ganancias, se considera la pérdida inesperada únicamente como el costo de oportunidad de mantener los fondos en provisiones, es decir, la pérdida del rendimiento que se podría obtener al invertir el capital que ahora mismo se está usando como provisión. Para calcular este costo de oportunidad, se calcula el rendimiento con base a las tasas de un CDT a 90 días.

Se define entonces la ecuación del (RUL) en los casos de entidades de economía solidaria como:

$$RUL = B2_n^i * r_{captacion} \quad (4-17)$$

Capital regulatorio ($B2^i$)

Para el cálculo del capital regulatorio se empleó:

$$B2^i = p^i \cdot PDI \cdot (VEA - AP) \quad (4-18)$$

Donde:

- p^i : Es la probabilidad de Impago
- PDI : Pérdida dado el incumplimiento
- **Valor expuesto del activo (VEA)**: Capital expuesto en el crédito.
- **Ahorro permanente (AP)**: Capital ahorrado por el asociado solicitante en el fondo de empleados durante su permanencia en la entidad.

El capital regulatorio es entonces la multiplicación de la probabilidad de impago, por la pérdida dado el incumplimiento y el valor real expuesto del crédito. Siendo el monto mínimo de capital que una institución financiera debe mantener para cubrir adecuadamente los riesgos asociados con sus operaciones.

Tasa mínima de captación ($r_{captacion}$)

Para estimar las posibles pérdidas inesperadas que se puedan derivar, el capital regulatorio se multiplica por la tasa mínima de captación, que representa la rentabilidad mínima que generaría el dinero si no se usara como provisión. Esta tasa se extrae del histórico de tasas de CDT a 90 días del Banco de la República ³.

4.3. Plan de Análisis de Resultados

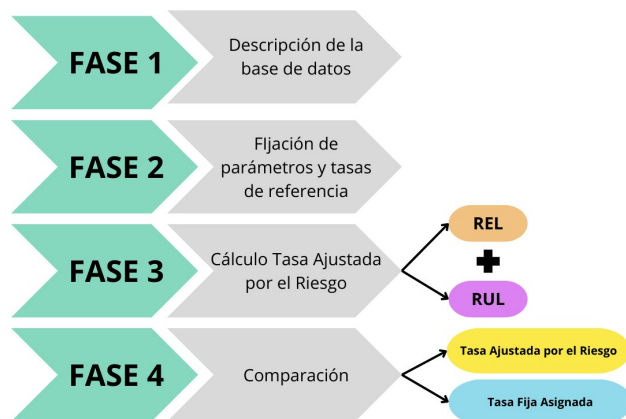


Figura 4-7.: Diagrama por fases para análisis de resultados.

Para desarrollar una estrategia de cálculo de tasas de interés basada en el perfil de riesgo de cada asociado, se inicia con un análisis descriptivo de la base de datos de la entidad en cuestión. Este análisis permite identificar patrones, características y variables clave de los créditos otorgados, tales como monto del préstamo, plazo, tasa de interés actual, probabilidad de impago, entre otras. De esta forma se pretende identificar segmentos de clientes en función de su perfil crediticio y tener una base para comprender el comportamiento que se obtendrá en resultados próximos.

La implementación de la nueva fórmula requiere la *Fijación de Parámetros y tasas de referencia*, necesarias para el cálculo. Se realizará entonces el proceso de ajuste de la probabilidad de impago a n periodos y la fijación de la *Tasa libre de Riesgo* teniendo en cuenta los valores TES, la *Tasa de Intervención*, la *Tasa Básica de Referencia* y la *Tasa de Usura*, las cuales servirán de referencia al determinar entre qué rango de valores se encuentra la tasa ajustada al riesgo.

³<https://suameca.banrep.gov.co/estadisticas-economicas/#/informacionSerie/220003/Tasas%20de%20inters/DTF>

Una vez se fijan los parámetros necesarios, se realizará el *Cálculo de la Tasa Ajustada al Riesgo*, lo cual se desarrollará con base en la **Fórmula 4-4**, donde se integran los componentes *REL* (Remuneración por la pérdida esperada) y el *RUL* (Remuneración por la pérdida inesperada). El cálculo del *REL* es un componente que va a depender de los casos presentes en la base de datos para las combinaciones existentes de *R*, *n*, *PI*, teniendo en cuenta el reajuste realizado para la *PI* a través de los años. Por otro lado, el *RUL* representa el componente más individual de la ecuación, ya que está influido por variables cuyo valor depende de las características particulares de cada asociado

Para evaluar la estrategia frente a la actual fijación de tasas de interés en la entidad, se comparan los rendimientos esperados entre los dos enfoques: Tasa fija de interés y Tasa variable ajustada por riesgo. Este análisis permite identificar las diferencias en la asignación de tasas de interés según los distintos perfiles de riesgo.

5. Resultados

En este capítulo se presentan los resultados de la implementación de la metodología propuesta para la fijación de las tasas de interés según el perfil de riesgo de cada asociado, en créditos otorgados por un Fondo de Empleados durante el primer semestre de 2024. Lo anterior se lleva a cabo teniendo en cuenta los lineamientos de *Basilea II* mediante los cuales se reconoce el riesgo crediticio de forma individual e incluye los factores principales en la formulación de la tasa de interés ajustada al riesgo, entre los cuales están: la remuneración por la pérdida esperada (REL) y la remuneración por la pérdida inesperada (RUL).

La metodología desarrollada fue implementada en un escenario práctico y con base en los resultados obtenidos se busca evaluar la influencia de las variables utilizadas en la determinación de la tasa de interés comparando los valores obtenidos de este nuevo enfoque con el sistema tradicional de tasas fijas. Además, se analiza el impacto de esta propuesta en términos de rentabilidad, riesgo y alineación con los principios y objetivos del fondo.

En las siguientes secciones, se presentan los hallazgos obtenidos, resaltando los cambios al adoptar este modelo basado en riesgos para la optimización de las decisiones crediticias. El análisis se realizó haciendo uso de Excel y el software R, con su entorno Rstudio en la versión 4.2.1.

5.1. Análisis descriptivo.

Existen dos modalidades de crédito de consumo en la base de datos, sin libranza y con libranza. En donde, un crédito con libranza es aquel en el cual el asociado da a la entidad la autorización para que realice un descuento de su salario o pensión, con el objeto de que sea girado a favor de las entidades operadoras para atender el crédito solicitado (Carrillo Gómez et al. 2017).



Figura 5-1.: Cantidad de créditos por modalidad

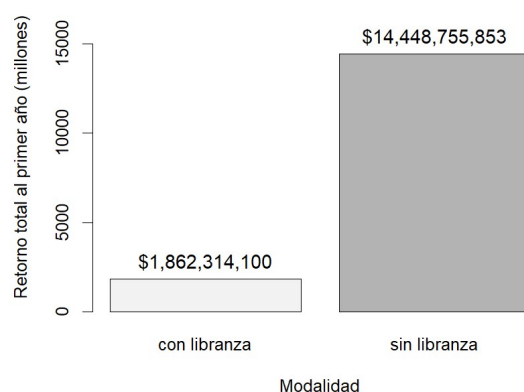


Figura 5-2.: Suma total del monto de créditos por modalidad

Como se observa en las **Figuras 5-1 y 5-2**, predominando los créditos otorgados correspondientes a la modalidad *sin libranza*, siendo el 86 % de los créditos en la base de datos, mientras que el 12 % corresponden a créditos con libranza. Es decir, que se implementan ambos modelos de referencia para el cálculo del puntaje, con el que se define la probabilidad de impago a 1 periodo y el grupo de riesgo del asociado según las **Tablas 4-2 y 4-1**.

El Fondo de Empleados en estudio presenta una reducida cantidad de asociados clasificados en categoría de incumplimiento lo cual evidencia una excelente cultura de pago, mostrando una marcada concentración de individuos en la categoría de riesgo A y únicamente un individuo clasificado como categoría B. Para los individuos de la categoría A se presentan dos *PI* (Probabilidad de impago o incumplimiento) de acuerdo a la modalidad del crédito. Como se muestra en la **Figura 5-3**, el 86.1 % tienen una *Probabilidad de Impago a 1 año* del 0.0195, y solamente el individuo clasificado como de riesgo B, tiene $PI = 0,1088$.

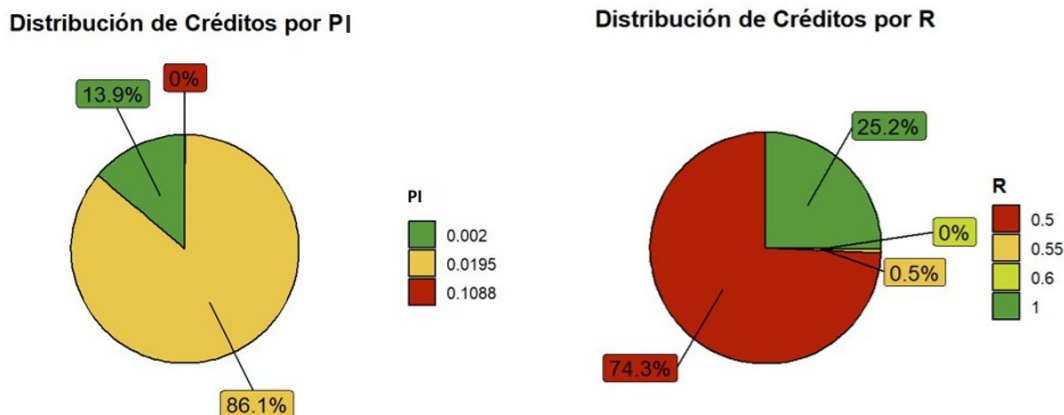


Figura 5-3.: Distribución por Probabilidad de Impago (PI) y Tasa de Recuperación (R)

La **Figura 5-3** además, muestra que, en caso de incumplimiento, el 74.3% de los créditos presenta una tasa de recuperación de solo el 50%. Esto indica que, en promedio, existe un riesgo significativo de pérdida para la entidad en caso de impago para la mayoría de los créditos, pues solo en el 25.2% cuenta con un 100% de recuperación en caso de incumplimiento.

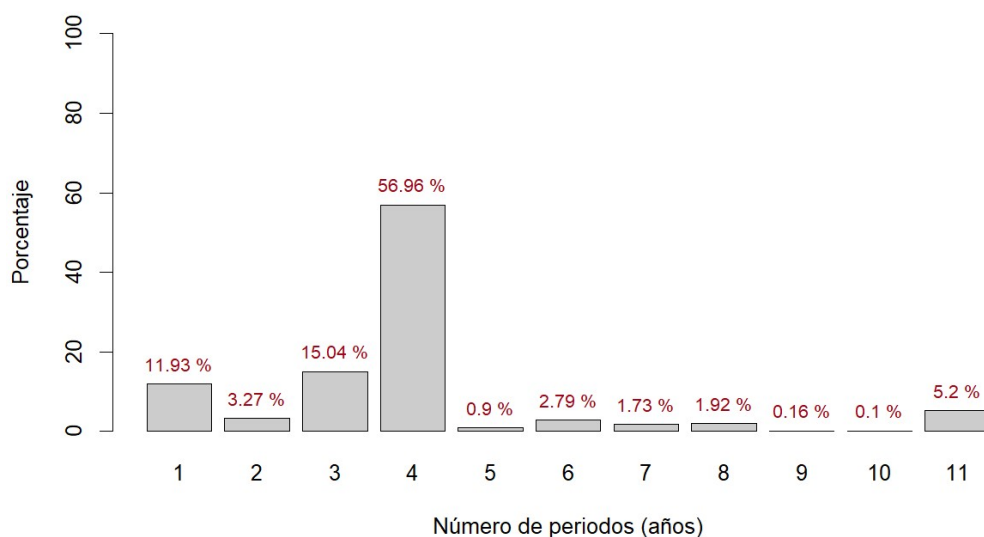


Figura 5-4.: Distribución del horizonte o plazo del crédito

En cuanto al número de periodos de vencimiento en los que se solicitan los créditos, aproximadamente el 87 % de los créditos que desembolsó la entidad durante el primer semestre de 2024 tienen una duración inferior a 5 años, con un plazo promedio de 4

años, lo que evidencia una concentración de la cartera en el corto plazo. Los créditos de consumo con mayor plazo registrados fueron de 11 años.

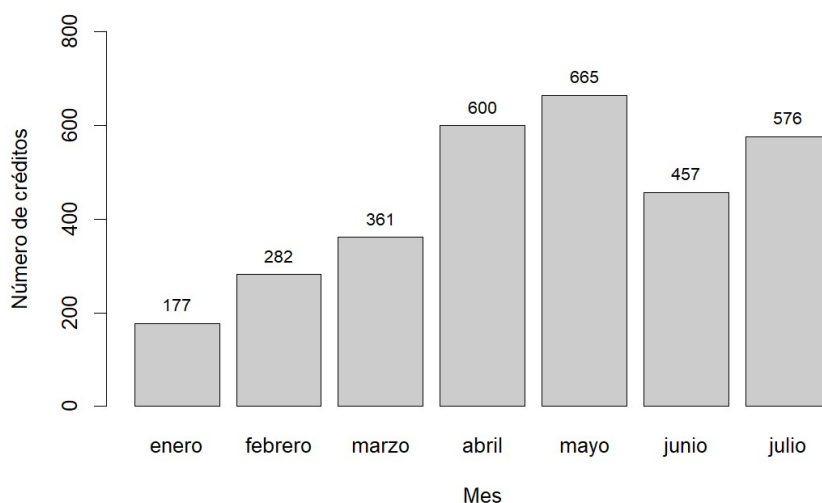


Figura 5-5.: Número de créditos por mes durante el año 2024

Existe un aumento en el volumen de desembolsos de créditos, alrededor del segundo trimestre del año; sin embargo, el número de créditos por cada mes es significativo, siendo mayo el mes con mayor frecuencia de créditos desembolsados (665) y como se observa en la **Figura 5-6** durante este mes no se tuvo una gran variabilidad en las tasas asignadas.

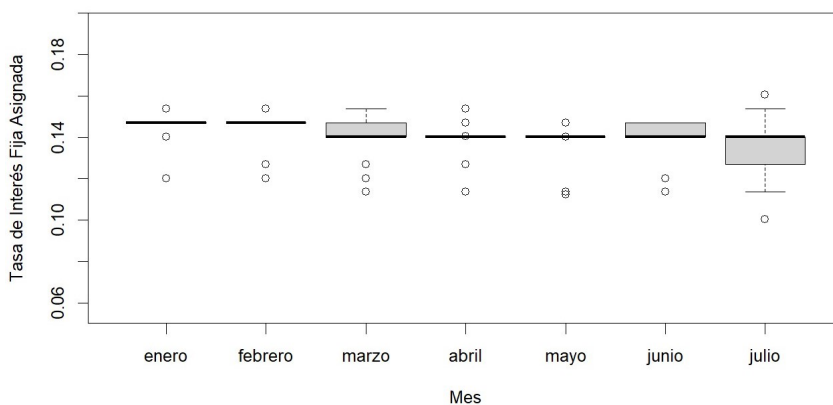


Figura 5-6.: Asignación de tasa de interés fija por mes (Enero - Julio) para el año 2024

Por otro lado, las tasas de interés fijas asignadas presentan variación con respecto al mes en el que se realizó el desembolso, pues se ven afectadas por las reuniones de la

junta directiva de la entidad. Tal como se muestra en la **Figura 5-6**. Por su parte, la junta directiva dle Fondo de Empleados promovió la reducción de las tasas de interés ofrecidas a los asociados para el año 2024, esto como respuesta a la mejora de las condiciones de asignación de crédito a nivel país.

Las tasas de interés fijas para los créditos otorgados por el Fondo de Empleados presentan una ligera variación mensual, oscilando en un promedio del 14% anual. Estas variaciones responden a la dinámica del mercado financiero, especialmente a la tasa de interés libre de riesgo definida por el Banco de la República. No obstante, la junta directiva del fondo prioriza siempre ofrecer condiciones más beneficiosas a sus asociados, manteniendo un equilibrio competitividad frente a las entidades bancarias tradicionales y la oferta de condiciones más favorables para sus asociados.

Tabla 5-1.: Resumen: Valor del préstamo

Estadístico	Valor
Min.	\$ 1.400
1st Qu.	\$ 130.006
Median	\$ 419.213
Mean	\$ 5.231.260
3rd Qu	\$ 1.951.400
Max.	\$ 290.000.000

El valor de los préstamos otorgados por el Fondo de Empleados, es bastante variable, abarca desde préstamos bajos hasta préstamos de altos valores, alcanzando el tope de 290 millones, para el periodo de enero a julio del 2024. Esta variación se debe a que dentro de los créditos de consumo se incluyen líneas de crédito rotativas que funcionan de manera similar a las tarjetas de crédito. Estos créditos permiten disponer de montos flexibles según las necesidades del asociado, lo que explica la presencia de valores bajos dentro del rango observado.

Tabla 5-2.: Resumen: Ahorros permanentes

Estadístico	Valor
Min.	\$ 195
1st Qu.	\$ 65.399
Median	\$ 245.935
Mean	\$ 3.814.413
3rd Qu	\$ 1.459.421
Max.	\$ 211.585.305

Al igual que con el monto de los créditos, el capital ahorrado en el fondo por los asociados es bastante variable, esta variabilidad se debe principalmente al tiempo de permanencia de cada asociado en el fondo, ya que los ahorros se acumulan progresivamente con las aportaciones periódicas, así, aquellos asociados con mayor antigüedad suelen contar con un capital más elevado, mientras que los nuevos miembros tienen montos más reducidos. El 50 % de los ahorros están por debajo de \$245.935, esto sugiere al compararlo con la **Tabla 5-5** que las personas suelen tomar préstamos por montos superiores a sus ahorros, lo que explicaría los valores de R , puesto que existe menor cantidad de clientes que cuentan con 100 % de recuperación en caso de incumplimiento, mostrando una mayor exposición al incumplimiento.

Tabla 5-3.: Resumen: Capital Regulatorio

Estadístico	Valor
Min.	0.0 %
1st Qu.	0.0 %
Median	0.34 %
Mean	0.33 %
3rd Qu	0.62 %
Max.	0.95 %

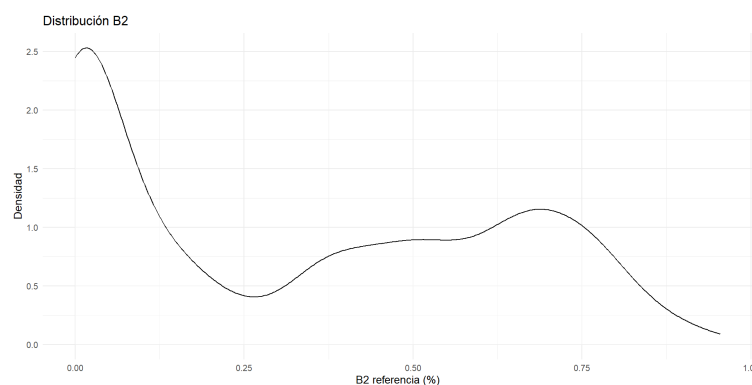


Figura 5-7.: Distribución B2 (Capital Regulatorio)

Bajo los lineamientos de Basilea II, se incluye el capital regulatorio, que se enfoca en fortalecer la estabilidad del sistema financiero global mediante la gestión del riesgo. En la **Figura 5-7** se observa la distribución del $B2$ para los créditos del Fondo de Empleados en estudio, la cual muestra que los valores más frecuentes son del 0 % y 0.7 %. Valores bajos del capital regulatorio significan que la entidad cumple con el marco de capital mínimo de forma eficiente. Por lo anterior, la entidad muestra un perfil de riesgo bajo, siendo coherente con las calificaciones crediticias que presenta la entidad.

5.2. Fijación de Parámetros y tasas de referencia.

Uno de los parámetros a tener en cuenta al formular una tasa de interés ajustada al riesgo es la probabilidad de incumplimiento (PI), la cual se determina dependiendo si el crédito es con o sin libranza como se observa en las **Tablas 4-2** y **4-1**. La base de datos a trabajar cuenta con 3 clasificaciones de PI: 0.20 %, 1.95 % y 10.88 %, sin embargo, estas se encuentran estimadas para el periodo de un año, por lo que se

realiza un recalcu lo haciendo uso de la **Fórmula 4-13** para estimar la PI a n periodos. Desarrollando la fórmula gradualmente se obtienen los siguientes resultados.

$$1 - p_1^i * \alpha^{i-1}$$

n periodos (años)											
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PI	PI_1	PI_2	PI_3	PI_4	PI_5	PI_6	PI_7	PI_8	PI_9	PI_10	PI_11
0,20%	99,80%	99,96%	99,99%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
1,95%	98,05%	99,61%	99,92%	99,98%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
10,88%	89,12%	97,82%	99,56%	99,91%	99,98%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

$$\prod_{i=1}^n (1 - p_1^i * \alpha^{i-1})$$

n periodos (años)											
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PI	PI_1	PI_2	PI_3	PI_4	PI_5	PI_6	PI_7	PI_8	PI_9	PI_10	PI_11
0,20%	99,80%	99,76%	99,75%	99,75%	99,75%	99,75%	99,75%	99,75%	99,75%	99,75%	99,75%
1,95%	98,05%	97,67%	97,59%	97,58%	97,57%	97,57%	97,57%	97,57%	97,57%	97,57%	97,57%
10,88%	89,12%	87,18%	86,80%	86,73%	86,71%	86,71%	86,71%	86,71%	86,71%	86,71%	86,71%

$$p_n^i = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_1^i * \alpha^{i-1})$$

n periodos (años)												
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
2	PD	PI_1	PI_2	PI_3	PI_4	PI_5	PI_6	PI_7	PI_8	PI_9	PI_10	PI_11
3	0,20%	0,20%	0,24%	0,25%	0,25%	0,25%	0,25%	0,25%	0,25%	0,25%	0,25%	0,25%
4	1,95%	1,95%	2,33%	2,41%	2,42%	2,43%	2,43%	2,43%	2,43%	2,43%	2,43%	2,43%
5	10,88%	10,88%	12,82%	13,20%	13,27%	13,29%	13,29%	13,29%	13,29%	13,29%	13,29%	13,29%

Figura 5-8.: Probabilidad de impago ajustada a n periodos

Se puede observar que la PI se ve afectada por el número de periodos, haciendo que si un asociado tiene un plazo mayor, su probabilidad de impago también aumente. Esto se debe a la estimación de la p_i acumulada a n periodos, donde se va realizando un ajuste para cada periodo adicional.

Con respecto a la **Figura 4-2**, la Tasa inicial libre de riesgo que se puede otorgar a un asociado con un perfil de riesgo favorable en una entidad de economía solidaria debería encontrarse entre los límites constituidos por la Tasa libre de riesgo (TES) y la Tasa de Usura, además, se deben tener en cuenta la Tasa de Intervención (Banco Central) y la Tasa Básica de referencia (TBR).

La asignación de los parámetros para el r_{Base} expresado en la **Ecuación 4-1** se definen a partir de las decisiones tomadas por la junta directiva según las necesidades del

Fondo de Empleados, esto con el fin de garantizar la cobertura de los rendimientos del fondeo, el financiamiento de actividades solidarias, los costos administrativos y en general asegurar la sostenibilidad financiera del fondo. Por lo tanto, en este caso se toma un r_{Base} del 9 % E.A. y se define un margen de competitividad (*spread*) del 1 %, obteniendo así por la Ecuación que la tasa libre de riesgo a 1 año es $r_1^F = 0,10$.

Será a partir de esta tasa libre de riesgo a un 1 año definida por las necesidades de la entidad, que en conjunto con el gradiente de crecimiento de los valores TES, se realizará el ajuste de la tasa libre de riesgo a n periodos haciendo uso del modelo cuadrático 4-15. Se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 5-4.: Tasa Libre de Riesgo a n Periodos

Vencimiento (n)	r_n^F
1	0,10
2	0,1053
3	0,1102
4	0,1147
5	0,1188
6	0,1225
7	0,1258
8	0,1287
9	0,1312
10	0,1333
11	0,135

La Tasa de Interés de Intervención, Tasa de Referencia o Tasa de Política monetaria, se le conoce como de *intervención* debido a que es la tasa a la cual el banco central interviene directamente en el mercado monetario para suministrar o extraer liquidez del sistema; de referencia porque sirve para el cálculo de otras tasas de interés, y de política monetaria porque con ella la autoridad monetaria define su postura de política para conducir la inflación a su meta (3 % anual), siendo la tasa de interés mínima que le cobra el Banco de la República a las entidades financieras por la liquidez que les suministra, además de servir como referencia para establecer la tasa de interés máxima que les paga por recibirles dinero que tengan como excedente (Banco de la República 2024). Por lo tanto, para la fijación de la *Tasa de Intervención* en el estudio, se tuvo en cuenta el histórico publicado por el Banco de la República ¹, la cual se ubicaba en 9.75 %.

¹<https://suameca.banrep.gov.co/estadisticas-economicas/#/informacionSerie/59/Tasas%20de%20inters%20de%20politica%20monetaria>

Para determinar el valor de la *Tasa Base de Referencia (TBR)*, se calculó la media de las tasas de interés para créditos de consumo ofrecidos por 25 entidades que operan en Colombia, incluyendo entidades principales del sector como: Bancolombia, BBVA, Banco de Bogotá, y demás cooperativas y entidades solidarias. Este promedio da como resultado una TBR del 25.77 %.

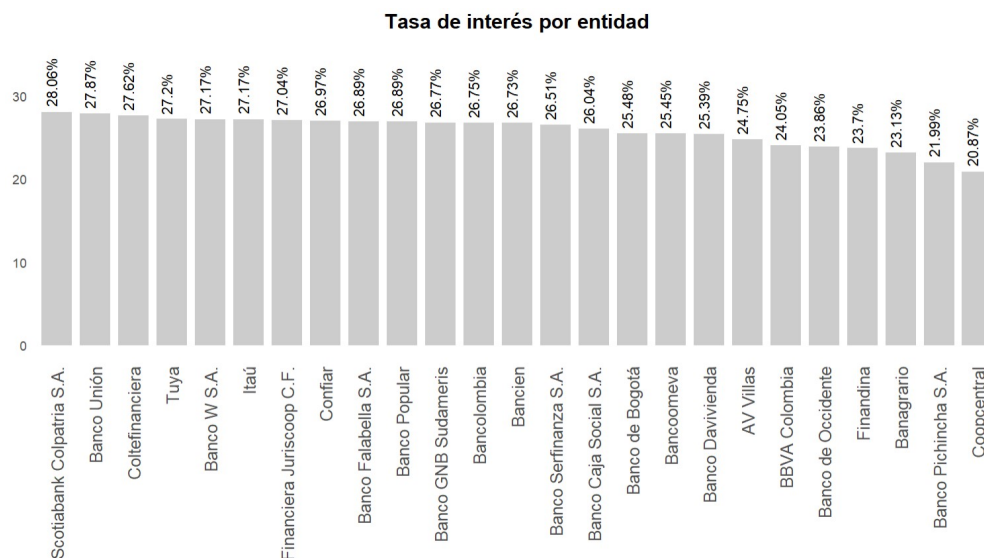


Figura 5-9.: Tasa de interés para créditos de consumo en entidades financieras

Fuente: Adaptado de La República, Karen Valentina Mora Aguilar (2024), mes de noviembre.

Por su parte, la *Tasa de usura* que se empleara se encontraba en 27.9 % a la fecha de corte, según lo establecido por el Banco de la República.

Entre los parámetros para el cálculo del *RUL 4-17* se requiere el *Costo Oportunidad de las provisiones*, lo cual hace referencia a la tasa de captación de un depósito a término fijo a corto plazo (90 días). Para determinar este valor se empleó el histórico de la Tasa de Depósitos a Término Fijo (DTF) publicado por el Banco de la República ². Para este caso se asignó el valor de 10.07 %.

5.3. Cálculo Tasa Ajustada por el Riesgo

Anteriormente, se describió que la base de datos de la cartera a trabajar para el año 2024 está conformada por 3118 créditos, entre los cuales no se encuentran asociados

²<https://suameca.banrep.gov.co/estadisticas-economicas/#/informacionSerie/220003/Tasas%20de%20inters/DTF>

con todas las posibles características entre las combinaciones de los componentes PI , R , n , para el cálculo de la tasa de interés (Ver **Anexo A-4**), por lo tanto, se decide también realizar una simulación que incluya todas las combinaciones posibles de los factores para analizar su comportamiento. Para los factores del REL, se combinan todos los posibles valores de R , n y PI presentes en el Fondo de Empleados, mientras que para el componente RUL, al ser un componente de cálculo individual por incluir en su formulación **4-17** el $B2$, para realizar la simulación se busca el $B2$ máximo entre los créditos para los cuales coinciden tanto PI como n .

5.3.1. Cálculo REL

Las siguientes tablas muestran la variación en los valores de REL entre los diferentes perfiles de riesgo los cuales se ven afectados según la Probabilidad de Incumplimiento (PI) en función del tiempo n y la Tasa de Recuperación (R), pues a medida que aumenta el periodo de tiempo, el valor del REL también crece, ya que el número de periodos (n) influye directamente en el cálculo de la probabilidad de impago acumulada. Esta probabilidad, como se muestra en la **Ecuación 4-13**, incrementa progresivamente con el aumento del horizonte temporal del crédito, mismo comportamiento que presenta la *Tasa libre de riesgo a n periodos* (r_n^F).

n	1			
PI	R: Tasa de Recuperación			
	100%	60%	55%	50%
0,20%	0,1002	0,1010	0,1011	0,1012
1,95%	0,1020	0,1099	0,1109	0,1119
10,88%	0,1122	0,1610	0,1671	0,1732

n	2			
PI	R: Tasa de Recuperación			
	100%	60%	55%	50%
0,30%	0,1056	0,1061	0,1062	0,1063
2,91%	0,1083	0,1137	0,1144	0,1150
15,73%	0,1239	0,1566	0,1606	0,1646

n	3			
PI	R: Tasa de Recuperación			
	100%	60%	55%	50%
0,35%	0,1105	0,1109	0,1110	0,1110
3,38%	0,1137	0,1174	0,1179	0,1184
18,02%	0,1317	0,1541	0,1569	0,1596

n	4			
PI	R: Tasa de Recuperación			
	100%	60%	55%	50%
0,37%	0,1151	0,1153	0,1154	0,1154
3,61%	0,1184	0,1210	0,1214	0,1217
19,14%	0,1372	0,1530	0,1549	0,1568

n	5			
PI	R: Tasa de Recuperación			
	100%	60%	55%	50%
0,39%	0,1192	0,1194	0,1194	0,1194
3,73%	0,1225	0,1244	0,1247	0,1249
19,69%	0,1414	0,1527	0,1541	0,1555

n	10			
PI	R: Tasa de Recuperación			
	100%	60%	55%	50%
0,40%	0,1336	0,1337	0,1337	0,1337
3,85%	0,1365	0,1370	0,1371	0,1371
20,21%	0,1523	0,1551	0,1554	0,1558

n	11			
PI	R: Tasa de Recuperación			
	100%	60%	55%	50%
0,40%	0,1353	0,1354	0,1354	0,1354
3,85%	0,1381	0,1385	0,1385	0,1386
20,22%	0,1531	0,1553	0,1556	0,1559

n	12			
PI	R: Tasa de Recuperación			
	100%	60%	55%	50%
0,40%	0,1366	0,1366	0,1366	0,1366
3,85%	0,1392	0,1395	0,1396	0,1396
20,23%	0,1536	0,1553	0,1556	0,1558

n	15			
PI	R: Tasa de Recuperación			
	100%	60%	55%	50%
0,40%	0,1381	0,1382	0,1382	0,1382
3,85%	0,1409	0,1413	0,1413	0,1414
20,23%	0,1561	0,1583	0,1585	0,1588

n	20			
PI	R: Tasa de Recuperación			
	100%	60%	55%	50%
0,40%	0,1381	0,1382	0,1382	0,1382
3,85%	0,1409	0,1413	0,1413	0,1414
20,23%	0,1561	0,1583	0,1585	0,1588

Figura 5-10.: Tendencia de REL en función de los periodos (años) por Tasa de Recuperación (R) y para cada Probabilidad de Incumplimiento (PI)

Se identifica cómo a partir de los 10 periodos (años), se estabiliza el valor de la probabilidad de Impago en los horizontes temporales. Para los asociados menos riesgosos, la probabilidad acumulada se fija alrededor del 0,40 %, manteniendo un nivel de riesgo bajo incluso en horizontes temporales más largos, seguido por una PI de 3,85 % para asociados un poco más riesgosos y del 20,23 % para los individuos con mayor riesgo.

En cuanto a la tasa de recuperación, se observa que esta influye significativamente en el REL en los primeros años. Sin embargo, conforme aumenta el número de periodos, esta influencia disminuye y su variabilidad tiene un impacto cada vez menor en el valor del REL, mientras que la probabilidad de impago se convierte en el principal factor determinante en la variación del valor del REL.

Estas tendencias se pueden apreciar más detalladamente en la siguiente gráfica:

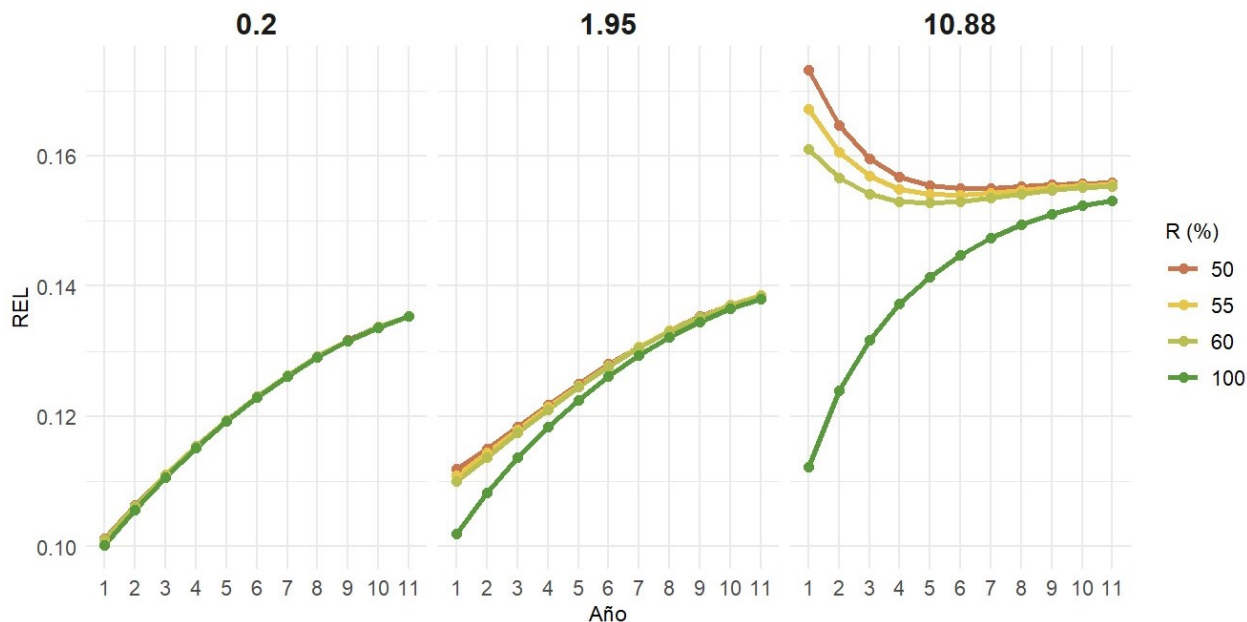


Figura 5-11.: Tendencia de REL en función de los periodos (años) por Tasa de Recuperación (R) y para cada Probabilidad de Incumplimiento (PI)

Además de ilustrar lo mencionado anteriormente, se observa en la **Figura** , que a mayor *Tasa de recuperación*, el REL disminuye, y que a menor probabilidad de impago y menor número de plazos, el REL también es menor. Esto confirma que bajo condiciones de menor riesgo (es decir, menor probabilidad de incumplimiento, mayor porcentaje de recuperación y menor tasa libre de riesgo), el REL es más bajo.

De la misma manera, cuando $p_i = 0,002$, la *Tasa de recuperación* no tiene un impacto significativo en el valor del REL; sin embargo, según aumenta esta probabilidad de incumplimiento, también aumenta su impacto en los horizontes temporales más cercanos, así cuando $p_i = 0,0195$, las curvas por valor de (R) presentan diferencias, siendo mayores según sea menor la *Tasa de recuperación*. Cuando $p_i = 0,1088$ el impacto que tiene esta tasa de recuperación es muy significativo, pues muestra que para periodos de tiempo menores a 5, el tener una alta probabilidad de incumplimiento afectará mayormente al aumento de la tasa de interés para los casos en los que la tasa de recuperación (R) es diferente al 100 %.

Este comportamiento refleja que el componente de la tasa de interés ajustada relacionado con la pérdida esperada está directamente afectado por las variables que miden el riesgo. Esto es consistente con el comportamiento esperado de que, a mayor riesgo, mayor pérdida esperada, lo que se traduce en un REL más alto y consecuentemente en una tasa de interés mayor.

5.3.2. Cálculo RUL

El cálculo del RUL a partir de la **Ecuación 4-17** propuesta, implica que este es individual para cada crédito y que será directamente proporcional al valor del capital regulatorio ($B2^i$), provisionado por la entidad. Sobre $B2^i$ influyen las variables *Valor del préstamo*, *Probabilidad de Incumplimiento (PI)*, *Pérdida dado el Incumplimiento (PDI)*, el *Ahorro permanente* y la pérdida esperada (PE) de cada asociado.

La mayoría de los clientes en el caso de estudio presentan una pérdida esperada de \$0 o en general de valores pequeños, lo cual es un indicativo de buena calidad de cartera, pues significa que la entidad cuenta con clientes más propensos a cumplir sus obligaciones crediticias.

Tabla 5-5.: Resumen: Pérdida Esperada (Modelo de Referencia)

Estadístico	Valor
Min.	\$ 0
1st Qu.	\$ 0
Median	\$ 587
Mean	\$ 24499
3rd Qu	\$ 3933
Max.	\$ 1944215

Se puede evidenciar entonces que el 75 % de los créditos tienen una pérdida esperada menor a \$3933. Además, la proporción entre la suma total de la pérdida esperada de los créditos sobre la suma total del valor de los préstamos señala que solo el 0.468 % del monto total prestado está en riesgo de no ser recuperado. Lo anterior sugiere que la calidad crediticia promedio de los clientes es relativamente buena.

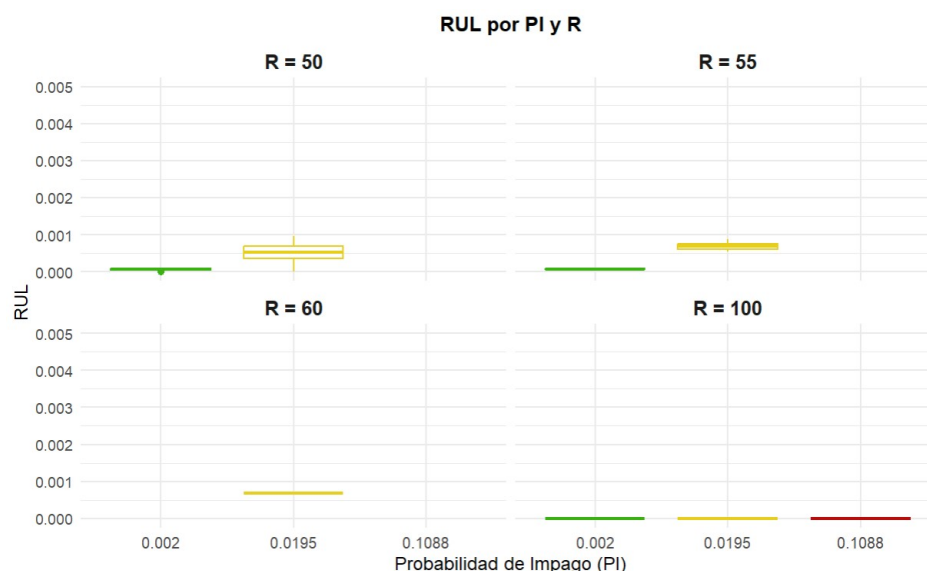


Figura 5-12.: RUL por Probabilidad de Impago (PI) y Tasa de Recuperación (R)

El porcentaje de interés que se añade a la tasa ajustada al riesgo por parte de la componente RUL, es en promedio del 0.033 %. Se observa en la **Figura 5-12** como el RUL aumenta de acuerdo a la *Probabilidad de Incumplimiento (PI)*, en los diferentes valores de R . Sin embargo, cuando $R = 1$ el valor del RUL es 0, esto significa que los ahorros permanentes del asociado logran solventar la totalidad del valor del préstamo, por lo cual no se provisiona ningún capital, pues el capital regulatorio $B2^i = 0$ y la pérdida inesperada es nula.

5.3.3. Tasa Ajustada por Riesgo

Para llevar a cabo el cálculo de la tasa de interés ajustada al riesgo se dispuso de una hoja de cálculo en Excel que permite realizar el cálculo asignando los parámetros definidos anteriormente. El desarrollo se puede consultar en el siguiente enlace ³.

Una vez se aplica la formulación de la tasa de interés ajustada al riesgo a los créditos otorgados por la entidad y se ubican en el rango teniendo en cuenta las demás tasas de referencia, se generan los siguientes resultados donde se muestran las diferencias entre las tasas de interés fijas asignadas por la entidad y las calculadas mediante el nuevo enfoque.

³https://drive.google.com/drive/folders/10evaDgVxk8dfp5uibI_M0gmho_Amzu5G?usp=sharing

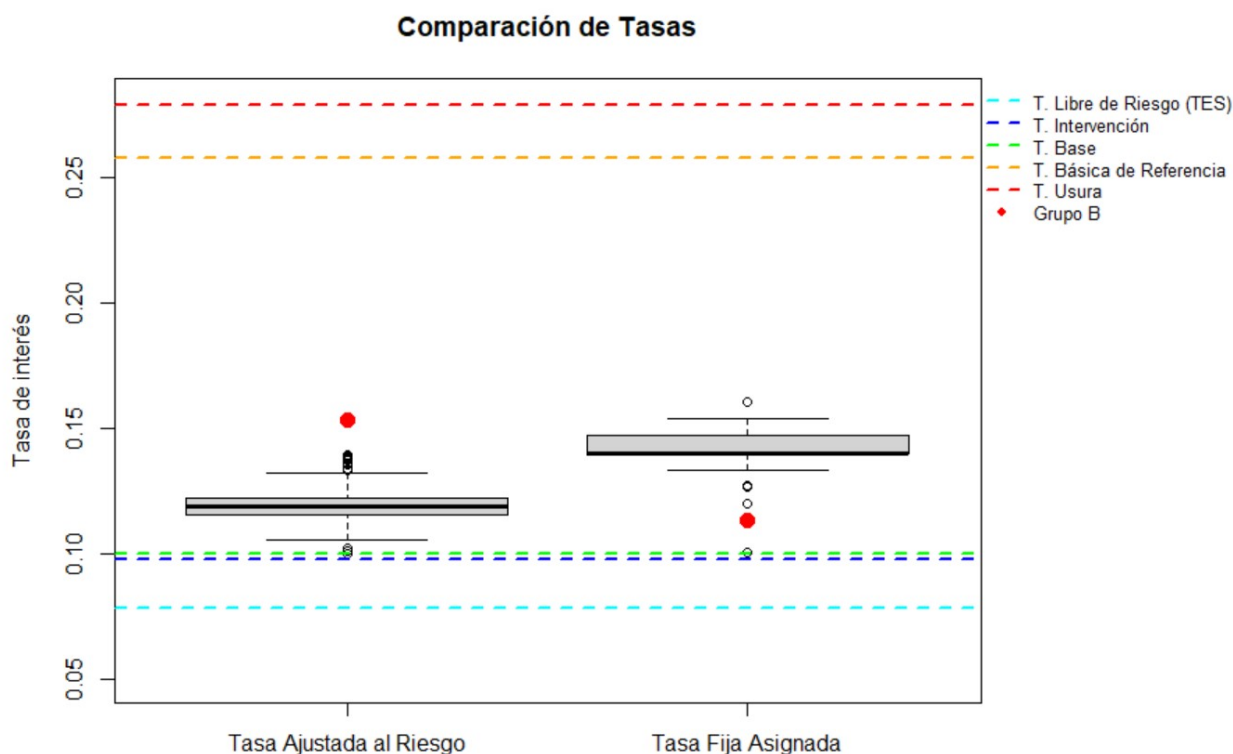


Figura 5-13.: Tasa de interés ajustada al riesgo por probabilidad de impago

Se observa que la distribución de las tasas de interés ajustada al riesgo suelen ser menores a las tasas fijas asignadas originalmente, y se encuentran mucho más cerca de los valores de la *Tasa de Intervención* y de la *Tasa base de la entidad*, es decir que con estas tasas se sigue cumpliendo lo mínimo para asegurar el bienestar financiero del Fondo de Empleados. Ambas tasas cumplen con estar bastante por debajo de las tasas de referencia del mercado, *Tasa de Usura* y *Tasa Básica de Referencia*.

Se resalta en la **Figura 5-13** el individuo clasificado en el grupo B, para poder identificar como cambia la asignación de estas tasas, pues al asignarlas tradicionalmente este individuo a pesar del riesgo que representa, cuenta con una de las tasas de interés más bajas, es decir, que a pesar de ser un deudor financieramente riesgoso para la entidad se está beneficiando de un diferencial de riesgo demasiado bajo, mientras que con la nueva asignación de las tasas a partir del riesgo, a este individuo se le fija una tasa mucho mayor. Esto evidencia que para la mayoría de los asociados con un buen perfil de riesgo la tasa ajustada es muy favorable, mientras que los individuos más riesgosos son penalizados con mayores tasas de interés, sin dejar de ser una tasa favorable a comparación de las ofertadas por entidades bancarias.

5.4. Comparación entre la Tasa Ajustada por Riesgo y la Tasa Fija Asignada.

En un primer momento se tiene la tasa fija asignada por la entidad para el periodo de estudio enero - julio 2024, sin embargo, esta solo varía por fecha, bajo las decisiones que tome la junta directiva y no se incluye ningún factor que tenga en consideración los acuerdos de Basilea II, donde se hace énfasis en la reducción del riesgo crediticio.

Este comportamiento se exhibe mejor en las siguientes gráficas:

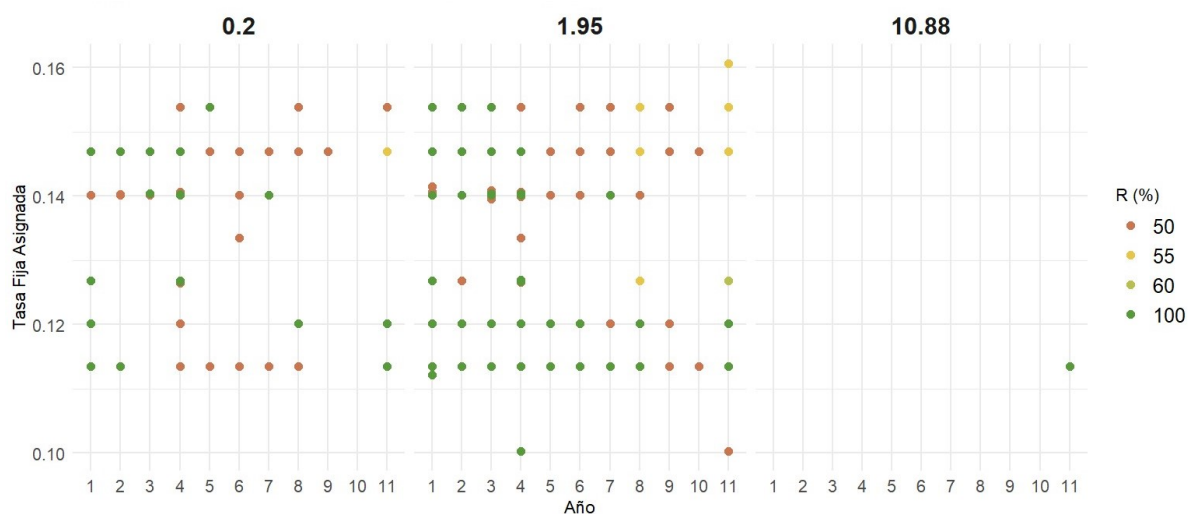


Figura 5-14.: Tendencia de la tasa de interés fija asignadas en función de los periodos (años) por Tasa de Recuperación (R) y para cada Probabilidad de Incumplimiento (PI)

Al comparar los resultados de la **Figura 5-14** y **Figura 5-15**, se puede observar como para la tasa de interés fija asignada no existe ningún patrón ni relación que tenga en cuenta las variables asociadas al riesgo al momento de fijar el interés de crédito, es decir, que no se está controlando de ninguna manera el riesgo al que se encuentra sometido el fondo cuando expone sus recursos financieros a través del desembolso de créditos de libre inversión. Caso contrario sucede con la tasa ajustada al riesgo, la cual busca controlar y mitigar los efectos que el incumplimiento puedan traer sobre el bienestar financiero del fondo.

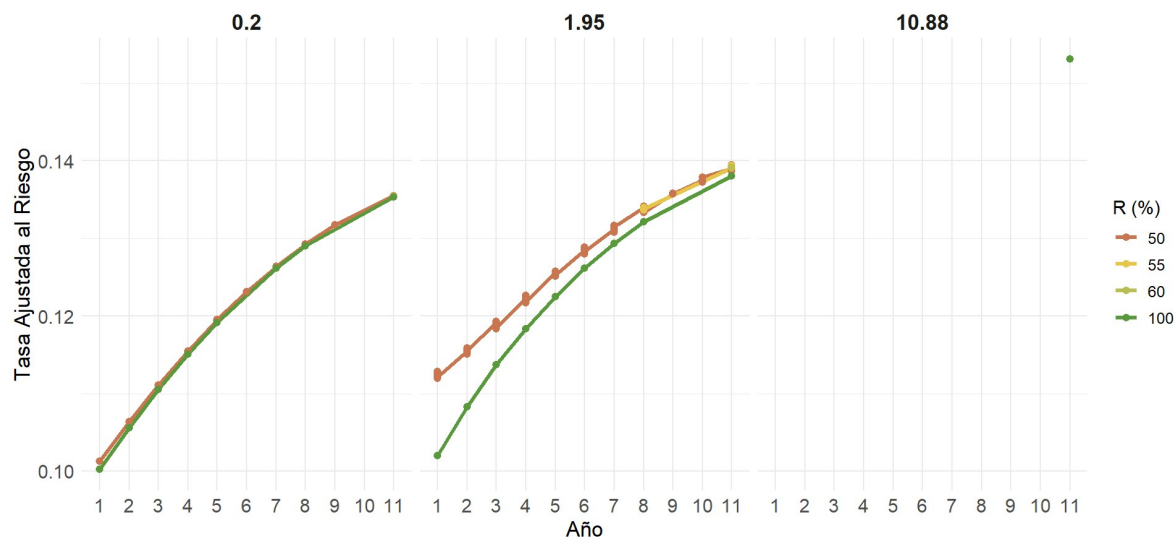


Figura 5-15.: Tendencia de la tasa de Interés Ajustada al Riesgo en función de los periodos (años) por Tasa de Recuperación (R) y para cada Probabilidad de Incumplimiento (PI)

Por otro lado, como se mencionó anteriormente, para la cartera de crédito del estudio no se tienen individuos para todas las condiciones de combinaciones posibles entre PI , R y n , por lo que a continuación se muestran todos los escenarios posibles en comparación con las condiciones actuales de tasa fijas que ofrece el Fondo de Empleados.

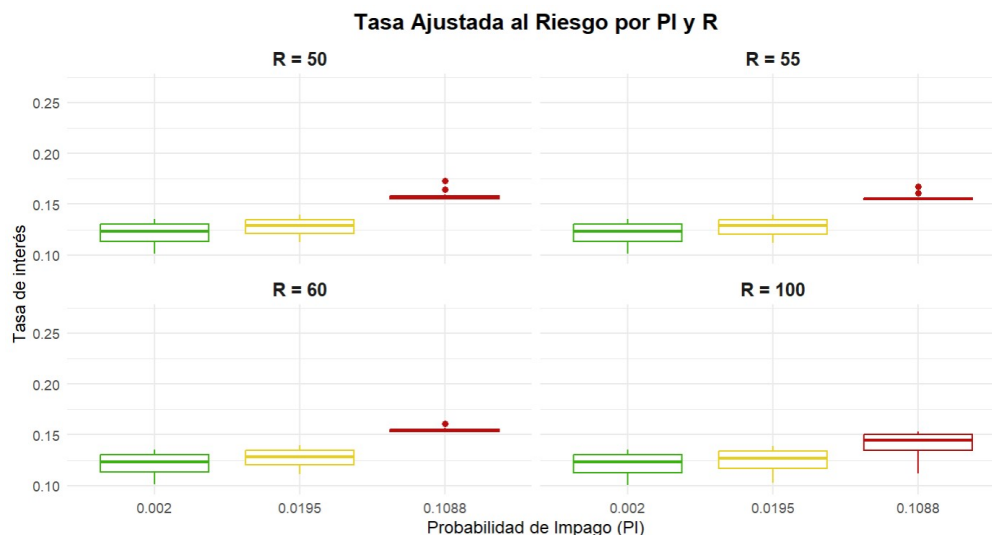


Figura 5-16.: Tasa de interés ajustada al riesgo por probabilidad de impago y Tasa de recuperación.

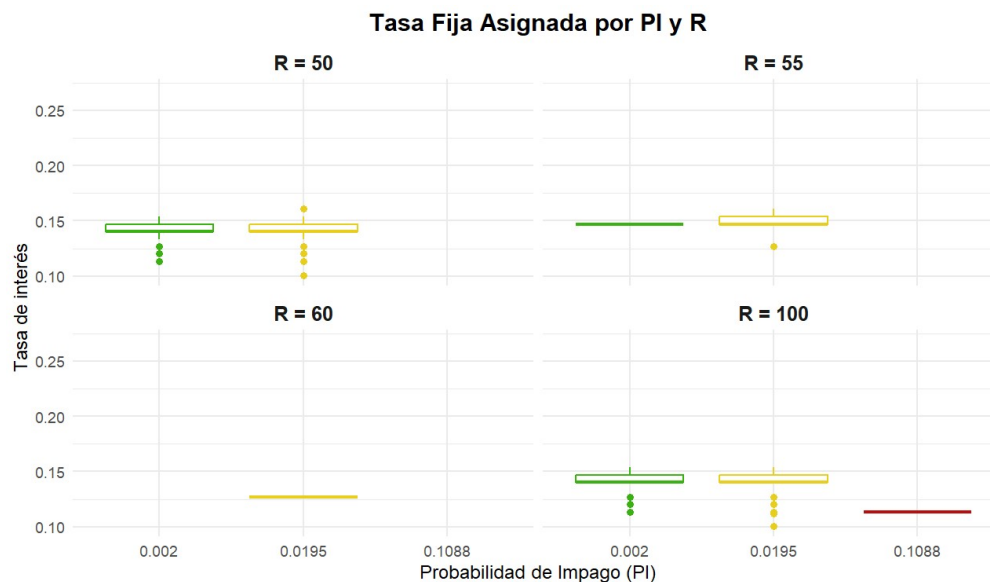


Figura 5-17.: Tasa de interés fija asignada por probabilidad de impago y Tasa de recuperación.

Entonces, se puede comprobar que la tasa ajustada de acuerdo al riesgo presenta un crecimiento de acuerdo tanto al valor de R como al valor de la probabilidad de incumplimiento (PI), esto concuerda con el comportamiento esperado donde un mayor riesgo (reflejado en un valor de R o PI más alto) se asocia a una tasa de interés más elevada.

El mismo comportamiento se evidencia en la **Figura 5-18**, en donde se evidencia el crecimiento en función del tiempo de la tasa de interés ajustada, en donde para los horizontes temporales menores parecen ser más variable (se ve más afectada por otras variables como la *Tasa de Recuperación* y la *Probabilidad de Impago*), emulando el comportamiento del REL. Mientras que para la **Figura 5-19** se observa que hay tasa con mayor o menor valor sin tener en cuenta el horizonte temporal ni los factores PI y R.

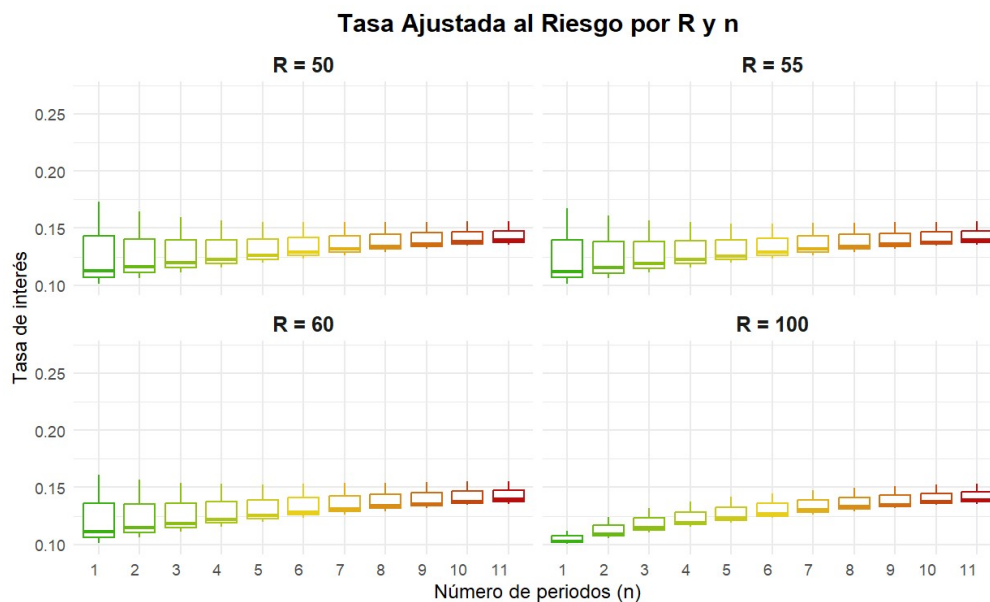


Figura 5-18.: Tasa de interés ajustada al riesgo por tasa de recuperación y número de periodos

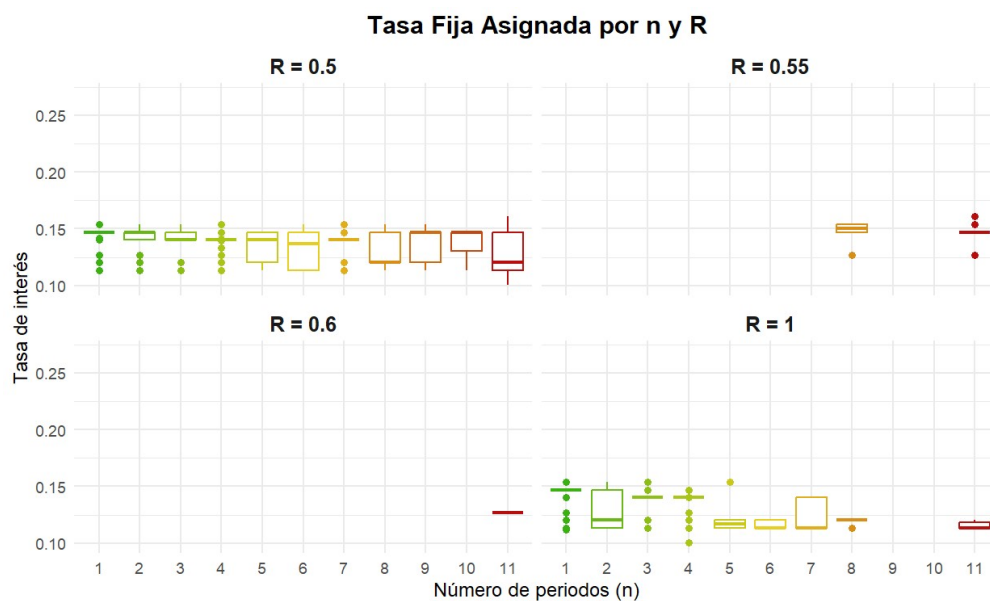


Figura 5-19.: Tasa de interés fija asignada por tasa de recuperación y número de periodos

Teniendo en cuenta la estructura de este comportamiento, se procede a aplicar la metodología a la base de datos real de 3118 créditos proporcionada por el Fondo de Empleados. Es importante destacar que, como se observó en el análisis exploratorio, la mayoría de los asociados presentan un perfil de riesgo bajo (A). Por ende, se espera que las tasas se mantengan predominantemente bajas.

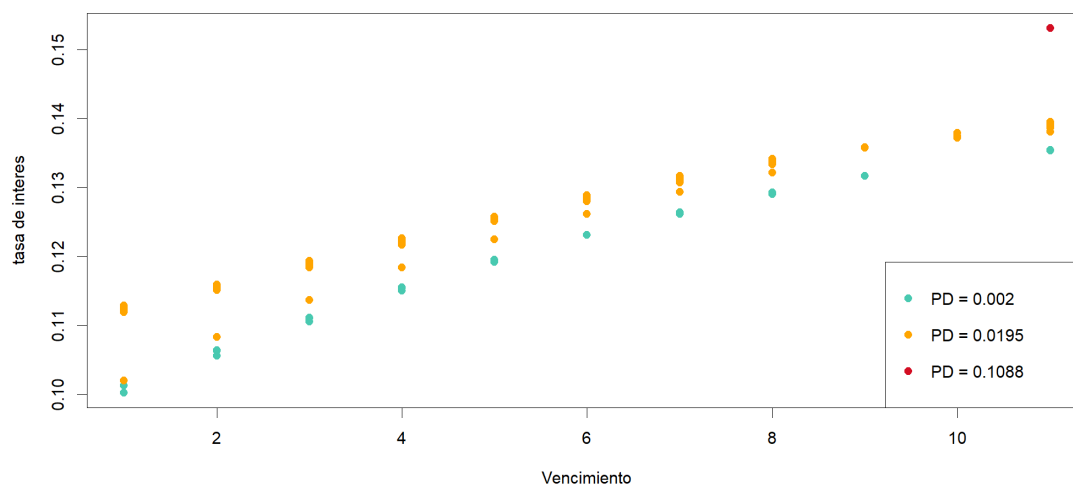


Figura 5-20.: Tasa de interés ajustada al riesgo por probabilidad de impago

La **Figura 5-20** permite observar el comportamiento de la tasa de interés ajustada al riesgo para los asociados del Fondo de Empleados en estudio. La tasa de interés ajustada al riesgo sigue un comportamiento creciente que se ve afectado por las variables R , PI , n como se expuso anteriormente.

El promedio de esta tasa ajustada es del 12 %, casi el mismo valor al que se encuentra actualmente la tasa fija asignada para todos los solicitantes de crédito de consumo. Esta nueva tasa encuentra su punto mínimo en 10.02 %, es decir, en el límite con la *Tasa base de la entidad*, el 50 % de los asociados se beneficia de tasas inferiores a 11.91 %, mientras que solo el 25 % paga una tasa superior a la tasa fija actual de 12.2 %. Este individuo del grupo B, debido a su perfil de riesgo, se encuentra en el extremo superior de la distribución de tasas con un 15.31 %.

Para visualizar mejor la diferencia entre las tasas, se toma una muestra de individuos, por cada PI y R y se grafica su cambio en la siguiente gráfica:

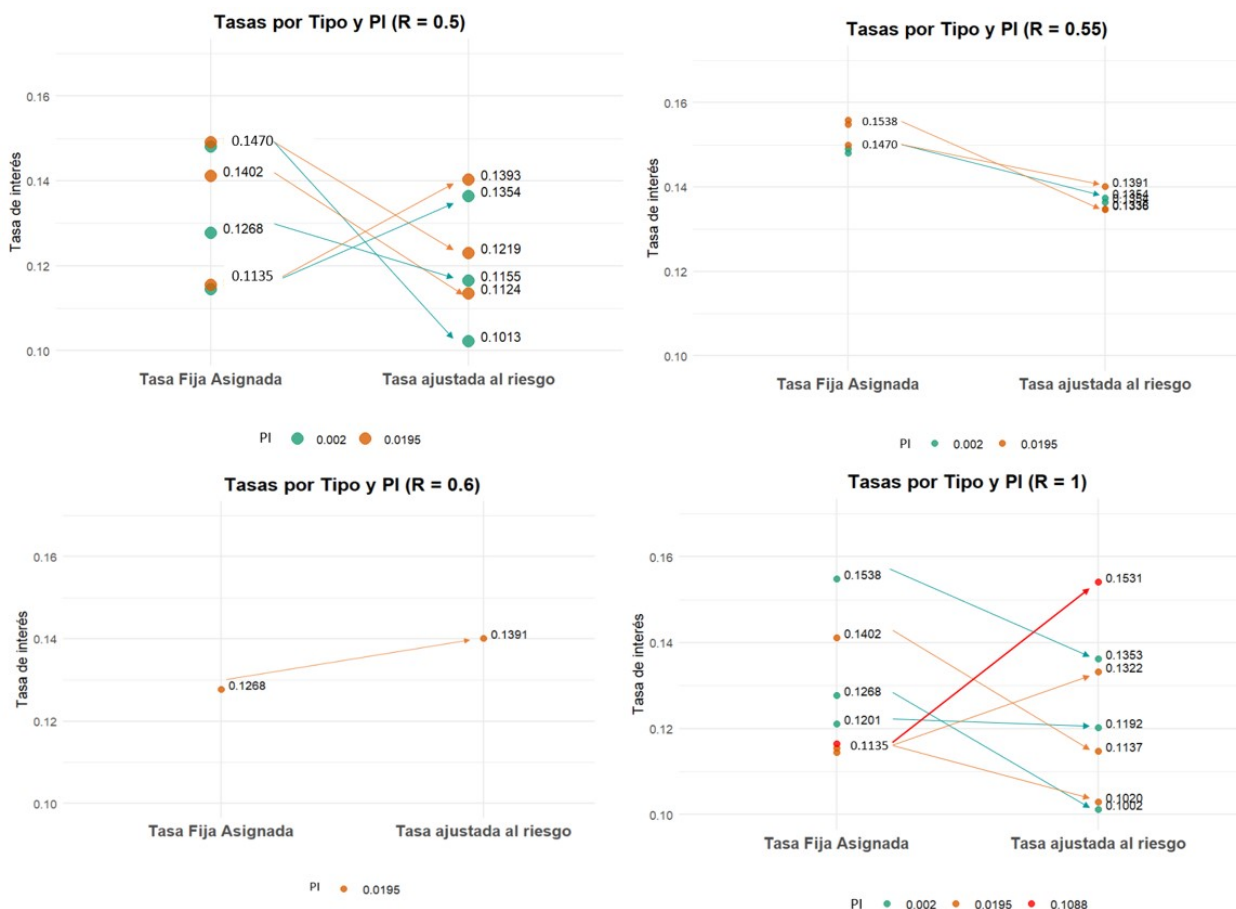


Figura 5-21.: Cambio de tasa de interés fija asignada a tasa ajustada por el riesgo.

En la mayoría de los casos, la tasa ajustada al riesgo resulta ser menor que la tasa fija. Existe una tendencia a que los individuos con probabilidad de impago igual a 0.002, obtengan una reducción en su tasa, misma situación con los individuos con probabilidad de 0.195. Si bien la mayoría de los asociados se benefician de tasas inferiores a la tasa fija, también se identifican casos en los que es necesario incrementar la tasa, como en el caso de créditos a largo plazo o de individuos con probabilidades de incumplimiento más elevadas, resalta el caso del individuo con $PI = 0,1088$, para el cual la tasa se incrementa en casi un 4 %, pasando del 11.35 % al 15.31 %. Este aumento busca mitigar el riesgo asumido al conceder un crédito con un mayor potencial de incumplimiento.

5.4.1. Comparación de los rendimientos esperados bajo las estrategias de Tasa fija de interés y Tasa variable ajustada por riesgo

Para analizar el impacto económico de implementar una tasa de interés ajustada al riesgo en los créditos del Fondo de Empleados, se comparó el recaudo obtenido a un periodo con la tasa fija originalmente asignada frente al recaudo calculado con la tasa ajustada al riesgo propuesta. A continuación, se muestra la suma de los intereses generados por cada una de las tasas durante el periodo de un año.

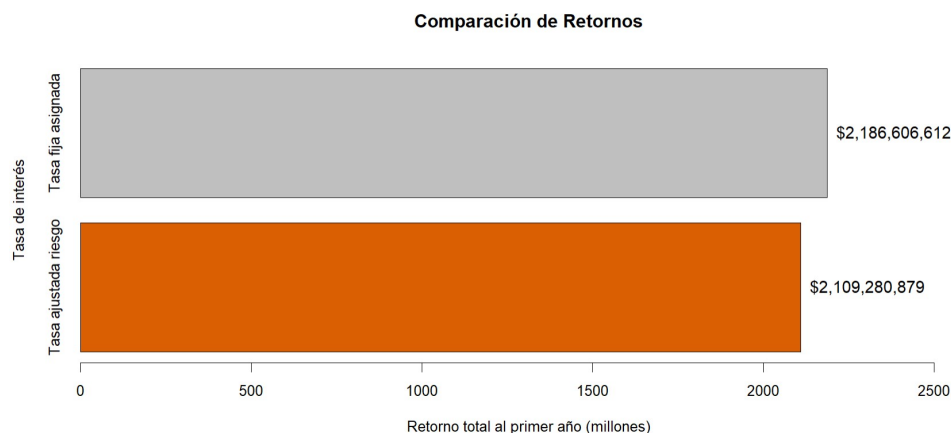


Figura 5-22.: Retornos por tasa de interés

Al implementar la tasa ajustada al riesgo, el capital generado por los intereses es menor en comparación con el generado a partir de tasa fija. Esto se debe a que las tasas ajustadas al riesgo tienden a ser más bajas, como se observa en la **Figura 5-13**, ya que la entidad carece de un volumen significativo de asociados que representen un alto riesgo y, por ende, estén sujetos a tasas más elevadas que compensen la reducción en los recaudos.

$$\text{Variación Porcentual} = \frac{\text{Recaudo Tasa Fija} - \text{Recaudo Tasa Ajustada Riesgo}}{\text{Recaudo Tasa Fija}} \times 100$$

A pesar de que el recaudo total disminuye en aproximadamente 77 millones de pesos, es decir, en un **3.53 %** del capital generado originalmente por las tasas fijas asignadas, esta reducción refleja una estrategia más justa y sostenible, en la que no solo se premia y se beneficia a los asociados con bajo riesgo y en donde se distribuyen los costos del crédito de manera proporcional al riesgo de cada asociado, sino que también se protege a la entidad de posibles pérdidas penalizando a los asociados que significan un riesgo más alto.

Aunque para el análisis de este caso particular se ha observado una disminución generalizada en las tasas ajustadas, es importante tener en cuenta que en escenarios con una mayor proporción de asociados de alto riesgo, la diferencia en el recaudo total podría ser menor, pues estas tasas ajustadas compensarían el capital por interés que disminuyó junto con las tasas de los asociados menos riesgosos.

6. Conclusiones, limitaciones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

Actualmente, los sistemas financieros se han visto expuestos a un mayor riesgo crediticio, incluyendo las IES, debido a deficiencias en los sistemas y modelos internos para la evaluación del riesgo crediticio. A pesar de que existen los Sistemas de Administración del Riesgo Crediticio (SARC) muchas de las entidades aún carecen de modelos internos avanzados para la gestión del riesgo, por lo que es importante buscar herramientas que permitan mantener la estabilidad financiera de las organizaciones y a su vez proteger los ahorros de sus asociados o clientes. Como alternativa, se ha empezado a implementar la diferenciación de tasas de interés basadas en las características de los asociados y el riesgo que estos signifiquen para las entidades.

Por lo tanto, para mejorar y proporcionar recursos más efectivos para gestionar el riesgo financiero, el propósito de esta investigación se centra en definir y evaluar estrategias de fijación de precios de riesgo como posibles medidas de mitigación del riesgo de crédito. A través de este análisis, se buscó contribuir al conocimiento y la aplicación práctica de metodologías de evaluación de riesgos y fijación de tasas de interés en contextos de economía solidaria.

En este trabajo se desarrolló una nueva metodología teniendo en cuenta el enfoque de *Basilea II* con el fin de fortalecer la solidez y estabilidad del sistema bancario mediante la gestión adecuada de los riesgos que enfrenta las entidades financieras. Usando la información propia de la entidad, en condiciones de bajo *default*, se logra realiza la propuesta de una nueva formulación para el cálculo de tasas de interés teniendo en cuenta factores que permiten hacer ajustes a la misma en función del riesgo crediticio, entre los cuales están: la probabilidad de impago, tasa de recuperación, capital regulatorio y plazo de vencimiento del crédito.

Los resultados obtenidos permiten sustentar la importancia de supervisar y hacer seguimiento a las metodologías de evaluación de riesgo que manejan las entidades de

economía solidaria, con el fin de brindar mejores propuestas de créditos a los clientes según su perfil de riesgo y de la misma forma contribuyendo a la mitigación de pérdidas debido al riesgo crediticio en la entidad, lo cual trae consigo mejoras a la sostenibilidad financiera a largo plazo. Es decir, que la diferenciación de tasas permite optimizar la rentabilidad sin comprometer la accesibilidad al crédito para los asociados con menores niveles de riesgo. Además, se evidencia la existencia de una relación significativa entre el riesgo y los diferenciales de los préstamos, lo que promueve la realización de nuevos estudios en este ámbito.

Si bien la metodología desarrollada en esta investigación se diseñó específicamente para entidades de economía solidaria, sus principios fundamentales pueden también adaptarse a otros contextos financieros. Esto se puede implementar a través de la calculadora dinámica incluida en este documento, diseñada para simplificar los cálculos que llevan al ajuste de la tasa de interés en función del riesgo y facilitar su implementación. Dicha herramienta queda a disposición de cualquier persona o entidad interesada en utilizarla, junto con toda la metodología desarrollada.

6.2. Limitaciones

La información propia del fondo de empleados en el que se aplicó la metodología cuenta con una cartera con pocos clientes morosos que representen un riesgo significativo para la entidad. La principal limitación de este trabajo radica en que la cartera evaluada carece de individuos clasificados en las categorías de mayor riesgo (*C*, *D* y *E*), mientras que en la categoría *B* solo se encuentra un único individuo. Esto restringe los resultados a un ajuste general de tasas de interés para perfiles de bajo riesgo.

Si bien los resultados muestran la efectividad de la metodología en contextos con un perfil de riesgo reducido, sería útil analizar su aplicación a carteras más diversas y con mayor representación de categorías de riesgo elevado. De esta manera, se podría evaluar de manera más robusta los ajustes de tasas propuestas.

6.3. Recomendaciones

El nuevo enfoque de metodología resultante de este trabajo, se presenta como un recurso base para futuros estudios en entidades de economía solidaria que cuenten con diferentes condiciones en su cartera de créditos. También, se sugiere la exploración al aplicar la metodología a otros productos financieros, ya que en este caso solo se trabajó bajo la línea de *consumo*.

Conviene considerar no solo hacer uso de los modelos de referencia propuestos por la Supersolidaria, sino también llevar a cabo modelos de riesgo internos que se ajusten a las características y necesidades específicas de la entidad. De hecho para entidades como las de este estudio en particular, se podría examinar la redefinición de los umbrales de impago para el modelo de riesgo, considerando como clientes riesgosos aquellos que han obtenido en algún momento de su historial crediticio calificación *B*.

En cuanto a la entidad, se sugiere permanecer en constante seguimiento y revisión a la captura de información ante las solicitudes de crédito y no solo a la información interna sino también externa de los asociados, lo cual podría generar un valor agregado para el desarrollo de futuros modelos de riesgo, garantizando la calidad y significancia de los mismos.

Bibliografía

- Agbo, F., Oyelere, S., Suhonen, J. & Tukiainen, M. (2021), 'Scientific production and thematic breakthroughs in smart learning environments: a bibliometric analysis', *Smart Learning Environments* **8**.
- Aria, M. & Cuccurullo, C. (2017), 'bibliometrix: An r-tool for comprehensive science mapping analysis', *Journal of Informetrics* **11**(4), 959–975.
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751157717300500>
- Banco de la República (2024), 'Econo-cimientos: Tasa de interés de intervención'.
URL: <https://www.banrep.gov.co/es/banrep-educa/econo-cimientos/tasa-interes-intervencion>
- Bank of International Settlements (2005), 'An explanatory note on the basel ii irb risk weight functions', *Basel Committee on Banking Supervision* .
URL: <https://www.bis.org/bcbs/irbriskweight.pdf>
- Basel Committee on Banking Supervision (2004), 'International convergence of capital measurement and capital standards: A revised framework'.
URL: <https://www.bis.org/publ/bcbs107.pdf>
- Bermúdez Vera, I. M., Manotas Duque, D. F. & Olaya Ochoa, J. (2020), 'Modelo para la estimación del deterioro por riesgo de crédito', *Suma de Negocios* **11**, 149 – 157.
URL: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttextpid=S2215-910X2020000200149
- Bröker, F. & Lehrbass, F. B. (2001), 'Kreditportfoliomodelle in der praxis', *Handbuch Bankcontrolling* **2**, 773–787.
URL: <https://www.econbiz.de/Record/kreditportfoliomodelle-in-der-praxis-bröker-frank/10003063599>
- Carrillo Gómez, F., Cortés González, J. C. & Ramos, L. (2017), 'Abc de las libranzas en colombia'.
URL: https://supersolidaria.gov.co/sites/default/files/public/noticias/abc_libranzas.pdf
- Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (2004), 'Aplicación de Basilea II: aspectos prácticos'.
URL: <https://www.bis.org/publ/bcbs109esp.pdf>

- Congreso de Colombia (1998), ‘Ley 454 de 1998’.
URL: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=3433>
- Corporate Finance Institute, Tim Vipond (n.d.), ‘Risk-Free Rate, What is a Risk-Free Rate and why is it important?’.
URL: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/valuation/risk-free-rate/>
- DANE (2005), ‘Ficha técnica sistema de información del medio ambiente’, *Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)*.
URL: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/ambientales/indicadores-ambientales-iaii/iniciativa-sima>
- Edelberg, W. (2006), ‘Risk-based pricing of interest rates for consumer loans’, *Journal of Monetary Economics* **53**(8), 2283–2298.
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304393206001474>
- Federación de Aseguradores Colombianos (FASECOLDA) (2004), ‘Capítulo 11.4.9 gestión del riesgo crediticio’.
URL: <https://publicaciones.fasecolda.com/regimen-de-seguros/chapter/p2-c11-4-9/>
- Fiordelisi, F., Palego, C., Richetto, A. & Scardozzi, G. (2022), ‘Risk-adjusted loan pricing’, *Dipartimento di Economia Aziendale* pp. 1–18.
URL: https://economieaziendale.uniroma3.it/wp-content/uploads/sites/9/file_locked/2022/05/WP-19_2022.pdf
- Hasan, I. & Zazzara, C. (2006), ‘Pricing risky bank loans in the new basel 2 environment’, *Journal of Banking Regulation* **7**, 243–267.
URL: <https://doi.org/10.1057/palgrave.jbr.2350026>
- Hilbers, P., Otter-Robe, I. & Pazarbaşıoğlu, C. (2006), ‘Going too fast?’, *Finance and Development* **43**, 42–45.
URL: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/spa/2006/03/pdf/hilbers.pdf>
- Jung, T. & Strohhecker, J. (2009), ‘Risk-adjusted pricing strategies for the corporate loans business: do they really create value?’, *System Dynamics Review* **25**(4), 251–279.
URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sdr.429>
- Kao, D.-L. (2000), ‘Estimating and pricing credit risk: An overview’, *Financial Analysts Journal* **56**(4), 50–66.
URL: <http://www.jstor.org/stable/4480258>
- La República, Karen Valentina Mora Aguilar (2024), ‘Bancos que tienen las tasas de interés más cercanas y lejanas a la usura de noviembre’.

URL: <https://www.larepublica.co/finanzas/los-bancos-con-las-tasas-de-interes-mas-cercanas-y-lejanas-a-la-usura-de-noviembre-3989952>

Miller, E. (2010), 'Solidarity economy: Key concepts and issues'.

URL: <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/tasas-interes-politica-monetaria>

Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2018), 'Decreto 1477 de 2018'. ARTÍCULO 2.1.1.3.1. Riesgos Crediticio, de Mercado y Operacional.

URL: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87905#:~:text=a>

Newman, M. E. J. (2001), 'Scientific collaboration networks. ii. shortest paths, weighted networks, and centrality', *Phys. Rev. E* **64**, 016132.

URL: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevE.64.016132>

Rayo Cantón, S., Lara-Rubio, J. & Blasco, D. (2010), 'Un modelo de credit scoring para instituciones de microfinanzas en el marco de basilea ii', *Journal of Economics, Finance and Administrative Science* **15**, 89–124.

Restrepo Arango, C. & Urbizagástegui Alvarado, R. (2017), 'Red de co-palabras en la bibliometría mexicana', *Investigación Bibliotecológica: archivonomía, bibliotecología e información* **31**(73), 17–45.

URL: <http://rev-ib.unam.mx/ib/index.php/ib/article/view/57845>

Ricardo Lozano Pardo, Superintendente (2020), 'Circular Básica Contable y Financiera'.

URL: https://www.supersolidaria.gov.co/sites/default/files/data/circular_externa_22_del_28_12_2020_expedicion_0_.pdf

Samaniego Medina, R. (2005), 'El método IRB en el acuerdo de Basilea: situación de la banca española', *Universidad de Sevilla* pp. 233–248.

URL: <https://idus.us.es/items/1ee4a859-c0e1-4ab9-9188-a4335ebfe2bf>

Serrano Rodríguez, J. (2005), 'Mercados financieros: visión del sistema financiero colombiano y de los principales mercados financieros internacionales'.

URL: <http://hdl.handle.net/1992/46561>

Solano López, E., Castellanos Quintero, S., López Rodríguez del Rey, M. & Hernández Fernández, J. (2009), 'La bibliometría: una herramienta eficaz para evaluar la actividad científica postgraduada', *MediSur* **7**, 59 – 62.

URL: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2009000400011

- Superintendencia Bancaria de Colombia (2008), ‘Capítulo ii – reglas relativas a la gestión del riesgo crediticio’.
URL: <https://www.fasecolda.com/cms/wp-content/uploads/2019/08/ce100-1995-cap-ii.pdf>
- Superintendencia de la Economía Solidaria (2008), ‘Circular Básica Contable y Financiera’.
URL: <https://www.supersolidaria.gov.co/es/content/circular-basica-contable-y-financiera>
- Superintendencia de la Economía Solidaria (2020), ‘Título I Circular Básica Jurídica’.
URL: https://www.supersolidaria.gov.co/sites/default/files/public/circular_basica_juridica_2021_0.pdf
- Superintendencia de la Economía Solidaria (2021a), ‘Anexo 2: Modelos de referencia para la estimación de las pérdidas esperadas’, Circular Externa No. 35, Capítulo II: Sistema de Administración del Riesgo de Crédito (SARC).
URL: https://www.supersolidaria.gov.co/sites/default/files/data/sarc_anexo_2_modelos_de_referencia_para_la_estimacion_de_las_perdidas_esperadas_0.pdf
- Superintendencia de la Economía Solidaria (2021b), ‘Capítulo II Sistema de Administración del Riesgo de – SARC’.
URL: https://www.supersolidaria.gov.co/sites/default/files/data/capitulo_ii_sistema_de_administracion_del_riesgo_de_credito_-_sarc_0_0.pdf
- Vera, G. B. (2003), ‘La Tasa de Interés: Información con Estructura, *Journal of Finance and Development*’.
URL: <https://www.redalyc.org/pdf/212/21208603.pdf>
- Walke, A. G., Fullerton, T. M. & Togle, R. J. (2018), ‘Risk-based loan pricing consequences for credit unions’, *Journal of Empirical Finance* **47**, 105–119.
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927539818300148>

A. Anexos

Tabla A-1.: Variables para el cálculo del valor “Z” Modelo de referencia - Cartera de consumo con libranza

Cartera de Consumo con Libranza	
Variable	Descripción
EA	Corresponde al estado del asociado en el mes de evaluación; toma el valor 1 si el asociado se encuentra “activo”, en otro caso toma el valor cero.
AP	El deudor cuenta con aportes en la organización solidaria; toma el valor 1 si el monto de aportes es mayor que cero, en otro caso toma el valor cero.
TC	Tipo de cuota del crédito; toma el valor 1 si la cuota diferente a fija, en otro caso toma el valor cero.
FE	Si el tipo de organización solidaria corresponde a “Fondo de empleados”, toma el valor 1, en otro caso toma el valor cero.
ESIN	Corresponde a los tipos de organización solidaria; toma el valor 1, si pertenece a una de las siguientes: “Cooperativa Multiactiva sin sección de ahorro”, “Cooperativa especializada sin sección de ahorro”, “Cooperativa Integral sin sección de Ahorro”, en otro caso toma el valor cero.
FAMOR	Si el tipo de organización es “Fondo de empleados” y la amortización es mayor o igual a 90 días, toma el valor 1. En otro caso toma el valor cero.
VALCUOTA	Corresponde al valor de la cuota en el mes de calificación y al tipo de entidad “Fondo de empleados”; toma el valor 1 si el monto es menor o igual a 10 % del SMMLV, en otro caso toma el valor cero.
VALPRES	Si el tipo de entidad corresponde a “Fondo de empleados” y el valor del préstamo es menor a 1 SMMLV toma el valor 1, en otro caso toma el valor cero.
OCOOP	Si la entidad es una cooperativa distinta a “Cooperativa de ahorro y crédito” y el monto del préstamo es mayor a 7 SMMLV toma el valor 1, en otro caso toma el valor cero.
FONAH0	Si el tipo de organización es “Fondo de empleados” y el asociado posee una cuenta de ahorro (no ahorro permanente) en el mismo fondo, toma el valor 1, en otro caso el valor es cero.
COOCDAT	Si el tipo de organización es “Cooperativa de ahorro y crédito” y el asociado posee un CDAT vigente con la Cooperativa, toma el valor 1, en otro caso el valor es cero.
FONDPLAZO	Si el tipo de organización corresponde a “Fondo de empleados” y el plazo del préstamo es menor o igual a seis meses, toma el valor 1, en otro caso cero.
ANTIPRE1	Corresponde al tiempo de vinculación que posee el asociado con la organización a la fecha en que solicitó el préstamo; si es menor a o igual a un mes, toma el valor 1, en otro caso toma el valor cero.

Tabla A-2.: (Continuación) Variables para el cálculo del valor “Z” Modelo de referencia - Cartera de consumo con libranza

Cartera de Consumo con Libranza	
Variable	Descripción
MORA15	Si la mora máxima en los últimos 12 meses está entre 16 y 30 días, toma el valor 1, en otro caso toma el valor cero.
MORA1230	Si la mora máxima en los últimos 12 meses está entre 31 y 60 días, toma el valor 1, en otro caso el valor es cero.
MORA1260	Si la mora máxima en los últimos 12 meses es mayor a 60 días, toma el valor 1, en otro caso el valor es cero.
MORA2430	Si la mora máxima en los últimos 24 meses está entre 31 y 60 días, toma el valor 1, en otro caso el valor es cero.
MORA2460	Si la mora máxima en los últimos 24 meses es mayor a 60 días, toma el valor 1, en otro caso el valor es cero.
SINMORA	Si el deudor no presentó moras en los últimos 36 meses, toma el valor 1, en otro caso el valor es cero.
MORTRIM	Toma el valor 1 si el deudor presentó una o más moras de entre 31 y 60 días en los últimos 3 meses, en otro caso toma el valor cero.

Tabla A-3.: Variables para el cálculo del valor “Z” Modelo de referencia - Cartera de consumo sin libranza

Cartera de Consumo sin Libranza	
Variable	Descripción
EA	Corresponde al estado del asociado en el mes de evaluación, toma el valor 1 si el asociado se encuentra “activo”, en otro caso toma el valor cero.
AP	El deudor cuenta con aportes en la organización solidaria, toma el valor 1 si el monto de aportes es mayor que cero, en otro caso toma el valor cero.
REEST	Si el crédito se encuentra reestructurado, toma el valor 1, en otro caso toma el valor cero.
CUENAH0	Si el deudor cuenta con el producto “Cuenta de Ahorro” con saldo >1 y estado activo en la organización solidaria, toma el valor 1, en otro caso toma el valor cero.
CDAT	Si el deudor cuenta con el producto “CDAT” vigente en la organización solidaria, toma el valor 1, en otro caso toma el valor cero.
PER	Si el deudor cuenta con “Ahorro permanente” en la organización solidaria, toma el valor 1, en otro caso toma el valor cero.
ENTIDAD1	Si la organización solidaria es una: “Cooperativa de trabajo asociado”, “Cooperativa especializada sin sección de ahorro” toma el valor 1, para los demás tipos de entidades toma el valor cero.
SALPRES	Si la relación saldo/préstamo es menor al 20 % toma el valor 1, en otro caso toma el valor cero.
ANTIPRE1	Corresponde al tiempo de vinculación que posee el asociado con la organización a la fecha en que solicitó el préstamo; si es menor a o igual a un mes, toma el valor 1, en otro caso toma el valor cero.
ANTIPRE2	Corresponde al tiempo de vinculación que posee el asociado con la organización a la fecha en que solicitó el préstamo, si es mayor 36 meses toma el valor 1, en otro caso toma el valor cero.
VIN2	Corresponde al tiempo de vinculación que posee el asociado con la organización solidaria, si es mayor 120 meses toma el valor 1, en otro caso toma el valor cero.
MORA1230	Si la mora máxima en los últimos 12 meses está entre 31 y 60 días, toma el valor 1, en otro caso el valor es cero.
MORA1260	Si la mora máxima en los últimos 12 meses es mayor a 60 días, toma el valor 1, en otro caso el valor es cero.
MORA2430	Si la mora máxima en los últimos 24 meses está entre 31 y 60 días, toma el valor 1, en otro caso el valor es cero.
MORA2460	Si la mora máxima en los últimos 24 meses es mayor a 60 días, toma el valor 1, en otro caso el valor es cero.
MORA3615	Si la mora máxima en los últimos 36 meses se encuentra entre 1 y 15 días, toma el valor 1, en otro caso el valor es cero.

Tabla A-4.: Tabla resumen combinaciones casos existentes PI, R, n para Fondo de Empleados en estudio.

n	PI	R	Total Casos
1	0,20 %	100 %	11
		60 %	0
		55 %	0
		50 %	12
	1,95 %	100 %	188
		60 %	0
		55 %	0
		50 %	161
2	0,20 %	100 %	2
		60 %	0
		55 %	0
		50 %	8
	1,95 %	100 %	24
		60 %	0
		55 %	0
		50 %	68
3	0,20 %	100 %	2
		60 %	0
		55 %	0
		50 %	3
	1,95 %	100 %	110
		60 %	0
		55 %	0
		50 %	354
4	0,20 %	100 %	83
		60 %	0
		55 %	0
		50 %	254
	1,95 %	100 %	312
		60 %	0
		55 %	0
		50 %	1127
5	0,20 %	100 %	1
		60 %	0
		55 %	0
		50 %	3
	1,95 %	100 %	7
		60 %	0
		55 %	0
		50 %	17

Tabla A-5.: (Continuación) Tabla resumen combinaciones casos existentes PI, R, n para Fondo de Empleados en estudio.

n	PI	R	Total Casos
6	0,20 %	100 %	0
		60 %	0
		55 %	0
		50 %	6
	1,95 %	100 %	23
		60 %	0
		55 %	0
		50 %	58
7	0,20 %	100 %	2
		60 %	0
		55 %	0
		50 %	15
	1,95 %	100 %	5
		60 %	0
		55 %	0
		50 %	32
8	0,20 %	100 %	1
		60 %	0
		55 %	0
		50 %	7
	1,95 %	100 %	4
		60 %	0
		55 %	6
		50 %	42
9	0,20 %	100 %	0
		60 %	0
		55 %	0
		50 %	1
	1,95 %	100 %	0
		60 %	0
		55 %	0
		50 %	4
10	0,20 %	100 %	0
		60 %	0
		55 %	0
		50 %	0
	1,95 %	100 %	0
		60 %	0
		55 %	0
		50 %	3

Tabla A-6.: (Continuación) Tabla resumen combinaciones casos existentes PI, R, n para Fondo de Empleados en estudio.

n	PI	R	Total Casos
11	0,20 %	100 %	2
		60 %	0
		55 %	2
		50 %	17
	1,95 %	100 %	7
		60 %	1
		55 %	8
		50 %	124
	10,88 %	100 %	1
		60 %	0
		55 %	0
		50 %	0