



Metodología para la evaluación del riesgo de concentración sectorial en el portafolio de crédito de Bancolombia bajo el Marco de Basilea

Methodology for assessing sector concentration risk in Bancolombia's credit portfolio under the Basel Framework

Por
Diego Alberto Sáenz Cubillos¹
Sergio Andrés Salinas Gil²

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para obtener el título de
Magíster en Administración de Financiera – MAF

Asesores
MBA Brayan Ricardo Rojas Ormaza
Ph. D. María Patricia Durango Gutiérrez

Universidad EAFIT
Escuela de Finanzas, Economía y Gobierno
Maestría en Administración Financiera - MAF
Medellín
2025

¹ dasaenzc@eafit.edu.co

² sasalinasg@eafit.edu.co

© 2025 Diego Sáenz & Sergio Salinas
Todos los Derechos Reservados

Resumen

Este trabajo analiza el riesgo de concentración sectorial en la cartera de crédito comercial de Bancolombia y su impacto sobre el capital adicional requerido bajo el marco regulatorio de Basilea. El estudio plantea la siguiente pregunta central: ¿qué nivel de concentración sectorial presenta Bancolombia y cómo incide en sus requerimientos de capital económico?

Para responderla se emplearon datos sectoriales de cartera, parámetros de riesgo (*probability of default* PD, *loss given default* LGD y *exposure at default* EAD) y la normativa vigente. La metodología combina indicadores de concentración (el índice de Herfindahl-Hirschman, el coeficiente de Gini y el índice de Theil), simulaciones de estrés sectorial y modelos de capital económico como el Asymptotic Single Risk Factor (ASRF) y su extensión multifactorial.

Este enfoque permite comparar escenarios reales con escenarios contra-factuales de diversificación, identificar los sectores que más contribuyen al riesgo de concentración y estimar el capital adicional requerido.

Los resultados buscan aportar lineamientos para fortalecer la gestión del riesgo en el marco del Internal Capital Adequacy Assessment Process (ICAAP) y, con ello, contribuir a la estabilidad financiera de la entidad.

Palabras claves: riesgo de concentración sectorial (G21, G28), requerimientos de capital (G28, E58), Basilea III (G28), portafolio de crédito (G21, C61), índices de concentración (C63, C61).³

³ Sistema de códigos usado por el *Journal of Economic Literature* (JEL).

Abstract

This paper analyzes the sector concentration risk in Bancolombia's commercial credit portfolio and its impact on the additional capital required under the Basel regulatory framework. The study poses the following central question: What level of sector concentration does Bancolombia have and how does this impact its economic capital requirements?

To answer this question, sector portfolio data, risk parameters (probability of default PD, loss given default LGD, and exposure at default EAD), and current regulations were used. The methodology combines concentration indicators (Herfindahl-Hirschman, Gini, and Theil), sector stress simulations, and economic capital models such as the Asymptotic Single Risk Factor (ASRF) and its multifactor extension.

This approach allows for comparing real-life scenarios with counterfactual diversification scenarios, identifying the sectors that contribute most to concentration risk, and estimating the additional capital required.

The results seek to provide guidelines for strengthening risk management within the framework of the Internal Capital Adequacy Assessment Process (ICAAP) and, thereby, contribute to the entity's financial stability.

Keywords: Sectoral concentration risk (G21, G28), capital requirements (G28, E58), Basel III (G28), loan portfolio (G21, C61), concentration indices (C63, C61).

Contenido

1. Introducción	1
1.1 Situación de estudio	2
1.2 Formulación de la pregunta que permite abordar la situación de estudio	3
1.3 Objetivos	3
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
2. Marco de referencia conceptual	4
2.1 Riesgo de concentración	4
2.2 Métricas de concentración.....	4
2.3 Modelos del riesgo de concentración.....	4
3. Metodología	6
3.1 Descripción de información utilizada	6
3.1.1 <i>Datos utilizados</i>	6
3.1.2 <i>Período de análisis</i>	6
3.1.3 <i>Variables claves</i>	6
3.1.4 <i>Instrumentos y técnicas de análisis</i>	6
3.1.5 <i>Alcance y limitaciones</i>	7
3.1.6 <i>Principales limitaciones</i>	7
3.1.7 <i>Estructura del portafolio de análisis</i>	7
3.1.8 <i>Modelos desarrollados</i>	9
4. Conclusiones y Recomendaciones	16
4.1 Conclusiones	16
4.2 Recomendaciones.....	16
Referencias.....	17

Índice de tablas

Tabla 1. Caracterización inicial del portafolio de crédito analizado	7
Tabla 2. Distribución del portafolio de crédito.....	8
Tabla 3. EAD_total, PD_pond y LGD_est_pond del portafolio de crédito.....	8
Tabla 4. Escenarios para las diferentes exposiciones	14

1. Introducción

La estabilidad del sistema financiero depende en gran medida de una adecuada gestión del riesgo de crédito, dentro del cual el riesgo de concentración sectorial constituye un componente relevante, aunque históricamente haya sido menos visibilizado. Este riesgo surge cuando una proporción significativa del portafolio de crédito de una entidad financiera se concentra en un número reducido de sectores económicos, lo que incrementa la vulnerabilidad frente a choques adversos que afectan simultáneamente a múltiples deudores correlacionados.

En el caso colombiano, la estructura productiva presenta un grado moderado de diversificación y, en consecuencia, los bancos suelen concentrar su actividad crediticia en sectores como el comercio, la construcción, la agroindustria y la energía. Cuando dicha concentración no se gestiona de manera explícita, puede amplificar el impacto de las crisis sectoriales y comprometer la suficiencia de capital de las entidades financieras. Para instituciones de gran relevancia sistémica, como Bancolombia, cuya cartera comercial representa una proporción significativa del sistema financiero nacional, este riesgo adquiere una importancia estratégica.

Desde la perspectiva regulatoria, los estándares de Basilea III reconocen el riesgo de concentración como un factor crítico que debe gestionarse mediante procesos internos bajo el Pilar 2 (Internal Capital Adequacy Assessment Process, ICAAP; Prudential Regulation Authority, PRA, 2015), ya que el enfoque estándar de capital (el Pilar 1) no lo incorpora directamente. En sintonía con ello, la Superintendencia Financiera de Colombia, a través de la Circular Externa 003 (SFC, 2024), exige a las entidades identificar, medir y cubrir este riesgo mediante metodologías internas, sin prescribir un modelo único.

En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo principal desarrollar una metodología para cuantificar el riesgo de concentración sectorial en la cartera comercial de Bancolombia y estimar su impacto sobre el capital económico adicional requerido por regulación. La propuesta integra métricas estadísticas de concentración (el índice de Herfindahl-Hirschman HHI, el coeficiente de Gini y el índice de Theil), modelos de capital económico (Asymptotic Single Risk Factor, en adelante ASRF; y la extensión multifactorial de Gordy y Lütkebohmert, 2007) y simulaciones de escenarios adversos (Kurtz *et al.*, 2018).

El enfoque metodológico es cuantitativo, descriptivo y evaluativo, apoyado en datos sectoriales históricos, parámetros de riesgo internos (*probability of default* PD, *loss given default* LGD y *exposure at default* EAD) y en experiencias internacionales en regulación financiera.

Los resultados buscan aportar herramientas para fortalecer la planeación de capital, optimizar la gestión del riesgo crediticio y alinear la práctica institucional con los lineamientos del Pilar 2 del Marco de Basilea, contribuyendo a la solidez financiera de Bancolombia en un entorno económico y regulatorio cada vez más exigente.

1.1 Situación de estudio

La concentración sectorial en las carteras de crédito bancarias constituye un riesgo relevante pero frecuentemente subestimado en el sistema financiero colombiano. Este fenómeno es especialmente crítico para instituciones de gran tamaño y alcance, como Bancolombia, cuya participación significativa en múltiples segmentos económicos del país conlleva una elevada exposición a las dinámicas sectoriales y regionales. A pesar de los avances regulatorios, el tratamiento formal de este riesgo aún carece de estandarización y homogeneidad entre las entidades del sistema.

En términos macroeconómicos, Colombia presenta una estructura productiva con alta dependencia en sectores como el comercio, la construcción, la agroindustria y la energía. Esta concentración se refleja en las carteras de crédito de los principales bancos, donde algunos sectores superan el 30 % del portafolio. Para Bancolombia, el desafío organizacional radica en alinear su gestión de riesgos con estándares internacionales, en un entorno donde la regulación exige modelos internos robustos bajo el ICAAP (Pilar 2; PRA, 2015).

La relevancia de abordar este riesgo reside en su impacto directo sobre la estabilidad financiera y la solvencia de la entidad. Una elevada concentración en sectores cíclicos amplifica la probabilidad de pérdidas en escenarios adversos, comprometiendo la suficiencia del capital económico disponible. Además, la ausencia de modelos explícitos para cuantificar la carga de capital adicional limita la eficiencia en la asignación de capital y reduce la capacidad de anticipar crisis sectoriales.

A nivel internacional, existen experiencias relevantes. En el Reino Unido, la Prudential Regulation Authority (PRA) establece cargos de capital adicionales en función del índice de HHI, mientras que, en Chile, la Comisión para el Mercado Financiero (CMF) promueve modelos internos que ajustan el capital económico bajo escenarios sectoriales. Estos casos evidencian que el riesgo de concentración puede gestionarse mediante herramientas cuantitativas como modelos de optimización, simulaciones de estrés y ajustes por granularidad, en línea con los enfoques de Gordy y Lütkebohmert (2007) y Kurtz *et al.* (2018).

En este contexto, el presente estudio se orienta a caracterizar y medir la concentración sectorial en la cartera de crédito de Bancolombia, así como a evaluar sus efectos sobre el requerimiento de capital adicional. Dado el acceso limitado a datos de contrapartes individuales, el análisis se desarrolla principalmente con información agregada por sector económico (Clasificación Industrial Internacional Uniforme, CIIU) y parámetros de riesgo consolidados. No se consideran aspectos de concentración geográfica.

El propósito final es construir una herramienta analítica aplicable al contexto colombiano que permita a Bancolombia integrar el riesgo de concentración sectorial en sus procesos de planeación de capital, en cumplimiento de las exigencias del Pilar 2 del Marco de Basilea (PRA, 2015), a fin de fortalecer su capacidad de gestión en un entorno regulatorio y económico cada vez más exigente.

1.2 Formulación de la pregunta que permite abordar la situación de estudio

¿Cuál es el nivel de concentración sectorial en la cartera comercial de Bancolombia y cómo incide en la suficiencia del capital económico adicional requerido bajo el Pilar 2 del Marco de Basilea, en términos de estabilidad financiera y gestión del riesgo crediticio?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar una metodología que permita cuantificar el riesgo de concentración sectorial en la cartera comercial de Bancolombia y evaluar su impacto sobre el capital económico adicional requerido bajo el Pilar 2 del Marco de Basilea, considerando su efecto en la estabilidad financiera y la gestión del riesgo crediticio.

1.3.2 Objetivos específicos

- Sistematizar el marco teórico y regulatorio aplicable al riesgo de concentración sectorial, incluyendo los lineamientos de Basilea III, la Circular Externa 003 de 2024 de la SFC y experiencias internacionales comparables.
- Medir el nivel de concentración sectorial en la cartera comercial de Bancolombia mediante indicadores estadísticos como el índice de HHI, el coeficiente de Gini y el índice de Theil.
- Calcular la pérdida esperada en un escenario base utilizando el modelo de Vasicek, a partir de las probabilidades de incumplimiento (*probability of default* PD) y las correlaciones del portafolio, como punto de partida para simular escenarios de estrés sectorial.
- Simular escenarios de estrés sectorial y comparar el capital económico estimado bajo supuestos de diversificación perfecta y de concentración real, aplicando modelos como el ASRF y su extensión multifactorial.
- Estimar el capital económico adicional requerido por efecto de la concentración sectorial, de acuerdo con las exigencias del Pilar 2 del Marco de Basilea (ICAAP).
- Formular recomendaciones para fortalecer la gestión interna del riesgo de concentración sectorial en Bancolombia, alineadas con buenas prácticas regulatorias y académicas.

2. Marco de referencia conceptual

2.1 Riesgo de concentración

El riesgo de concentración sectorial se refiere a la posibilidad de que una entidad financiera incurra en pérdidas significativas debido a una insuficiente diversificación de su cartera de crédito. Este riesgo se materializa cuando una proporción elevada del portafolio se concentra en un número reducido de sectores económicos, lo que genera correlaciones en los incumplimientos y amplifica las pérdidas bajo escenarios adversos (Düllmann & Masschelein, 2006; García Tudela, 2022).

Desde la perspectiva regulatoria, los Marcos de Basilea II y III reconocen este riesgo como un componente que debe ser evaluado mediante modelos internos bajo el Pilar 2 del Marco de Basilea (ICAAP). El enfoque estándar de capital (el Pilar 1) parte del supuesto de carteras infinitamente diversificadas, por lo que no captura el riesgo residual asociado a la concentración (Basel Committee on Banking Supervision, BCBS, 2006; Grippa & Gornicka, 2016). En Colombia, la Circular Externa 003 de la Superintendencia Financiera (SFC, 2024) exige a las entidades medir y gestionar este riesgo mediante metodologías internas. Si bien no impone un modelo único, recomienda el uso de métricas como el índice de HHI.

2.2 Métricas de concentración

Para la cuantificación de la concentración, la literatura propone distintos índices estadísticos y de desigualdad, entre los que destacan los siguientes:

- Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI): es la suma de los cuadrados de las participaciones sectoriales; ampliamente utilizado por reguladores como el Banco de México y la Prudential Regulation Authority (PRA) del Reino Unido.
- Coeficiente de Gini: mide la desigualdad en la distribución de exposiciones, y resulta útil para visualizar la concentración relativa.
- Índice de Theil: basado en entropía, permite capturar variaciones en exposiciones pequeñas y resulta especialmente valioso en análisis de granularidad.

2.3 Modelos del riesgo de concentración

En relación con la estimación del impacto sobre el capital económico, se destacan los siguientes enfoques:

- Modelo ASRF: constituye la base del cálculo de capital en el Marco de Basilea II, bajo el supuesto de un portafolio perfectamente diversificado y un único factor sistemático (Vasicek, 2002).

- Extensión multifactorial: incorpora factores sectoriales y de granularidad, lo que permite una estimación más precisa del capital requerido ante exposiciones concentradas (Gordy & Lütkebohmert, 2007).
- Comparación de escenarios: estima la carga adicional de capital como la diferencia entre el capital en el escenario real y el de un portafolio diversificado (Kurtz *et al.*, 2018).
- Modelo de portafolio parcial: combina la simulación de grandes exposiciones con el enfoque asintótico del resto del portafolio, equilibrando precisión y eficiencia computacional (Grippa & Gornicka, 2016).

De manera complementaria, se han adaptado enfoques de optimización de portafolio inspirados en la teoría de Markowitz (1952), que buscan maximizar la rentabilidad ajustada por riesgo incorporando penalizaciones explícitas por concentración sectorial.

En conjunto, estas herramientas conforman la base teórica que sustenta la construcción de una metodología para estimar el riesgo de concentración sectorial y su impacto en el capital adicional requerido bajo el Pilar 2 del Marco de Basilea.

3. Metodología

El enfoque metodológico adoptado en esta investigación es cuantitativo, descriptivo y evaluativo. Su propósito es medir objetivamente el grado de concentración sectorial en la cartera comercial de Bancolombia, simular escenarios adversos y estimar el capital económico adicional requerido por este riesgo, en concordancia con los lineamientos del Pilar 2 del Marco de Basilea.

3.1 Descripción de información utilizada

3.1.1 Datos utilizados

- Bancolombia: distribución sectorial de la cartera comercial, parámetros de riesgo (PD, LGD, EAD), provisiones y capital económico.
- Superintendencia Financiera de Colombia (SFC): normativa vigente (Circular Externa 003 de 2024), estadísticas sectoriales del sistema financiero.
- Bank for International Settlements (BIS), Basel Committee on Banking Supervision (BCBS) y literatura académica: parámetros de referencia para simulaciones, marcos regulatorios y modelos de estimación de capital.

3.1.2 Período de análisis

2018-2024, con frecuencia mensual. Este rango permite capturar distintos ciclos económicos y episodios de estrés, incluidos la pandemia y los recientes choques inflacionarios.

3.1.3 Variables claves

- Participación sectorial de la cartera: por actividad económica CIU.
- Índices de concentración: HHI, Gini y Theil.
- Pérdida esperada (EL, *expected loss*) y pérdida inesperada (UL, *unexpected loss*).
- Capital económico estimado: por ASRF, multifactorial y escenarios comparativos.
- Correlaciones sectoriales.
- Granularidad del portafolio.
- Requerimientos regulatorios por exposición individual o sectorial.

3.1.4 Instrumentos y técnicas de análisis

Medición de concentración sectorial: cálculo de las métricas HHI, Gini y Theil, con comparaciones entre escenarios.

- 1) Estimación del capital económico: aplicación del modelo ASRF (Vasicek, 2002), la extensión multifactorial de Gordy y Lütkebohmert (2007) y el enfoque de escenarios comparativos de Kurtz *et al.* (2018).
- 2) Simulación de estrés sectorial: incorporación de choques adversos en sectores dominantes, a fin de evaluar su efecto sobre las UL y el capital económico.
- 3) Estimación del capital adicional requerido: cálculo de la diferencia entre el capital económico del portafolio real y el estimado bajo el supuesto de diversificación perfecta.

3.1.5 Alcance y limitaciones

El análisis se concentra exclusivamente en la cartera comercial de Bancolombia y aborda la concentración por sectores económicos. Se estima el impacto de esta concentración sobre el capital económico bajo estándares internacionales.

3.1.6 Principales limitaciones

- El estudio no contempla la concentración geográfica ni la concentración por clientes individuales.
- La calidad del análisis depende de la disponibilidad, la precisión y la granularidad de los datos internos de la entidad.

3.1.7 Estructura del portafolio de análisis

La Tabla 1 muestra la caracterización inicial del portafolio de crédito analizado, que registra una exposición total de COP 124 billones distribuida entre los diferentes sectores y sub-sectores económicos definidos en la clasificación interna de la entidad.

El análisis de concentración evidencia que el portafolio se encuentra mayoritariamente expuesto al sector de los servicios financieros, que representa aproximadamente el 16,8 % del total de la cartera.

Tabla 1. Caracterización inicial del portafolio de crédito analizado

sector	exposicion	participacion %
Servicios Financieros	\$ 20,901,811	16.8301
Comercio	\$ 19,037,901	15.3293
Recursos Naturales	\$ 16,370,762	13.1817
Agroindustria	\$ 13,215,824	10.6414
Gobierno	\$ 12,827,139	10.3284
Servicios No Financieros	\$ 10,185,261	8.2012
Manufactura Insumos	\$ 9,635,337	7.7584
Edificaciones	\$ 6,789,111	5.4666
Infraestructura	\$ 6,247,965	5.0309
Transporte	\$ 4,612,906	3.7143
Medios De Comunicacion	\$ 4,368,808	3.5178
Total	\$ 124,192,825	100.00

Fuente: elaboración de los autores.

Esta distribución sectorial y sub-sectorial constituye la base para la evaluación de métricas de concentración como el índice de HHI, el coeficiente de Gini y el índice de Theil, que permitirán

cuantificar el grado de concentración y su potencial incidencia sobre el capital económico requerido.

Las tablas siguientes recogen los valores agregados de exposición y participación, así como el número de clientes asociados a cada categoría, lo que facilita la identificación de segmentos con elevada ponderación relativa y baja diversificación.

La Tabla 2 muestra la distribución del portafolio de crédito por sector económico, la probabilidad de incumplimiento ponderada (PD_pond) y la pérdida dado el incumplimiento estimada (LGD_est_pond) para cada sector.

Tabla 2. Distribución del portafolio de crédito

sector	n_clientes
Comercio	8493
Servicios No Financieros	6880
Manufactura Insumos	4889
Agroindustria	3400
Transporte	1886
Gobierno	1608
Infraestructura	1380
Edificaciones	881
Servicios Financieros	777
Recursos Naturales	664
Medios De Comunicacion	342

Fuente: elaboración de los autores.

La Tabla 3 muestra que, en términos de riesgo crediticio, se evidencian diferencias significativas entre sectores. Por ejemplo, el sector Edificaciones presenta una de las PD ponderadas más altas (0,1587), lo que indica una mayor probabilidad de incumplimiento promedio dentro de este segmento, mientras que Recursos Naturales y Gobierno exhiben las LGD estimadas más elevadas (0,7676 y 0,7735, respectivamente), reflejando un mayor nivel de pérdida potencial en caso de *default*.

Nótese, además, que el sector de los servicios financieros concentra la mayor exposición, con un EAD total cercano a COP 20,9 billones, seguido por el sector del comercio (COP 19,0 billones) y el de recursos naturales (COP 16,3 billones).

Tabla 3. EAD_total, PD_pond y LGD_est_pond del portafolio de crédito

sector	EAD_total	PD_pond	LGD_est_pond
Servicios Financieros	20901811	0.018175822	0.525697407
Comercio	19037901	0.085120795	0.468625354
Recursos Naturales	16370762	0.010924667	0.767613347
Agroindustria	13215824	0.054627782	0.505020977
Gobierno	12827139	0.018130398	0.773550897
Servicios No Financieros	10185261	0.071847354	0.516859651
Manufactura Insumos	9635337	0.057749277	0.431153357
Edificaciones	6789111	0.158874014	0.566756257
Infraestructura	6247965	0.119128964	0.416491207
Transporte	4612906	0.069488238	0.648909507
Medios De Comunicacion	4368808	0.022346523	0.371929938

Fuente: elaboración de los autores.

Estos resultados sugieren que, aunque la concentración por exposición es relevante en ciertos sectores, el perfil de riesgo no se distribuye de manera proporcional, lo que refuerza la necesidad de un análisis del volumen y la calidad crediticia para dimensionar adecuadamente el riesgo de concentración sectorial.

3.1.8 Modelos desarrollados

Modelo multifactorial por sector

Cálculo del índice de Herfindahl-Hirschman (HHI), el coeficiente de Gini y el índice de Theil

El análisis de concentración sectorial del portafolio muestra que el índice de HHI, con un valor de 0,1121, equivale a una diversificación comparable a nueve sectores de tamaño similar, lo que refleja una concentración moderada. El coeficiente de Gini (0,2734) evidencia cierta desigualdad en la distribución de las exposiciones, sin llegar a niveles de dominancia extrema. Finalmente, el índice de Theil (0,0107) confirma que la distribución es relativamente homogénea, lo que sugiere una estructura sectorial diversificada y sin indicios de concentración severa.

Desarrollo del modelo de extensión multifactorial

El modelo de extensión multifactorial permite cuantificar el efecto conjunto de la concentración sectorial y la co-movilidad entre sectores sobre el capital económico. Para ello, se comparan dos escenarios de referencia:

- 1) ASRF (*benchmark* unifactorial): representa un portafolio con diversificación perfecta.
- 2) Modelo multifactorial: incorpora la estructura real de correlaciones sectoriales.

La métrica central utilizada es el cargo por sobre costo de concentración (CSS, *surchage concentration charge*), definido como la diferencia entre el capital económico del modelo multifactorial (EC_real) y el del ASRF (EC_ASRF).

$$CSS = (EC_real + GA) - EC_ASRF$$

donde

ECreal = $VaR\alpha - EL$. Proviene de la simulación de Monte Carlo bajo el esquema multifactorial.

EC_ASRF: capital bajo el mundo ideal de diversificación perfecta.

En esta versión se fija $GA = 0$ (*granularity adjustment*) para evitar doble conteo, pues la simulación ya incorpora la granularidad por tamaños reales de exposición.

Datos y preparación

Se trabaja con dos insumos, a saber:

- El portafolio por cliente (EAD, PD, provisión, sector y sub-sector).
- Una serie histórica por sector de un proxy de deterioro (ICV, *Indicador cartera vencida*) usada para estimar correlaciones.

En el portafolio,

- Se calcula LGD por cliente como $LGD_i = \text{provi}/PD_i * EAD_i$
- Se garantiza $EAD > 0$, y se construye el peso $w_i = EAD_i/\sum EAD_{w_i}$
- Para el diagnóstico de concentración se calculan las métricas de HHI, Gini y Theil por sector.

Estimación de la estructura de factores (Σ_F)

A partir del panel fecha \times sector de ICV,

- 1) Se estandariza cada serie (z-score) y se calcula la matriz de correlación de Pearson entre sectores.
- 2) Se aproxima la correlación con una descomposición en K factores (PCA truncada), de modo que $C \approx BB^T$. Las cargas sectoriales quedan en BB y se normalizan para asegurar $\|\beta_s\|^2 \leq 1$.
- 3) Se elige $K = 3$ por compromiso entre parsimonia y ajuste. En la calibración, el porcentaje de varianza explicada fue de 0,8861 y el número de categorías fue de 11 sectores.

Esta estructura BB es la que «transmite» los choques comunes, así: a mayor cercanía entre dos sectores en BB , mayor co-movilidad entre sus pérdidas.

Modelos de capital benchmark ASRF (diversificación perfecta)

Para cada exposición se usa la curva regulatoria $\rho(PD)$ y el cuantil $\alpha = 0,999$.

El PD bajo estrés se obtiene con la forma cerrada IRB, así: el capital agrega $EAD \cdot LGD \cdot (PD_{\text{estrés}} - PD)$ a nivel de exposición. Este esquema no depende de la matriz sectorial ni de pesos por sector, por lo que representa un contra-factual de diversificación perfecta.

Modelo multifactorial (estructura real)

La variable latente del cliente i del sector s se modela como sigue:
con $F \sim N(0, I)$ (o estresado en escenarios) y $\epsilon_i \sim N(0, 1)$. Se simulan N trayectorias (se usaron 15 000) y se obtiene la distribución de pérdidas.

$$L = \sum_i EAD_i \cdot LGD_i \cdot 1\{X_i < \Phi^{-1}(PD_i)\}.$$

Entonces, $EL = E[L, \text{VaR } 0,99]$ es la cola al 99,9 %, y $E_{\text{creal}} = \text{VaR} - EL$

Escenarios de estrés

Se evalúan dos familias de escenarios, a saber:

- 1) Choque dirigido a los dos sectores con mayor EAD ($-2,0\sigma$ y $-1,5\sigma$), imponiendo un vector de *shocks* por sector y resolviendo una media de factores μ tal que $B\mu$ aproxima esos movimientos.
- 2) Co-movilidad sistémica: se escala la covarianza común ($\text{corr_scale} = 1,5$), lo que incrementa la sincronía entre sectores.

Resultados

Se resumen a continuación las métricas claves de la corrida reportada ($\alpha = 0,999$, 15 000 simulaciones, $K = 3K$, 11 sectores, varianza explicada 0,8861):

Base (estructura real)

- EL: 4 764 782,60
- VaR: 16 501 711,09
- EC_real: 11 736 928,49
- EC_ASRF: 6 842 019,71
- CSS: 4 894 908,78

Interpretación

En condiciones normales, el capital con estructura real es 71,5 % mayor que el ASRF ($EC_real/EC_ASRF \approx 1,715$). El CSS representa el 41,7 % del EC_real y $\sim 71,5$ % del EC_ASRF. Esto evidencia que una parte sustancial del capital requerido proviene de concentración/co-movilidad no capturada por el *benchmark*.

Choque top. Dos sectores (-2.0σ y -1.5σ)

- EL: 5 998 107,58
- VaR: 24 165 012,16
- EC_real: 18 166 904,57
- EC_ASRF: 6 842 019,71
- CSS: 11 324 884,86

Interpretación

El choque dirigido eleva el EC_real en +54,8 % frente a la base; el VaR sube +46,4 % y el EL +25,9 %. El CSS se duplica con holgura ($CSS/EC_real \approx 62,3$ %).

Conclusión

El riesgo está concentrado. Cuando esos sectores sufren, el capital requerido se dispara. Esta evidencia es particularmente útil para justificar límites de exposición y planes de diversificación.

Co-movilidad sistémica ($corr._scale = 1,5$)

- EL: 5 745 777,48
- VaR: 36 044 650,87
- EC_real: 30 298 873,39
- EC_ASRF: 6 842 019,71
- CSS: 23 456 853,67

Interpretación

Al incrementar la sincronía entre sectores, la cola de pérdidas se engrosa de forma notable: el EC_real sube +158,1 % frente a la base y el CSS alcanza el 77,4 % del EC_real ($\approx 3,43 \times$ EC_ASRF). Es decir, la severidad del evento extremo está dominada por la correlación, más que por cambios en el promedio de pérdidas. Este escenario es particularmente relevante para el ICAAP y para discusiones de colchones de Pilar 2 del Marco de Basilea.

Diagnóstico de concentración

En relación con los sectores se obtuvieron indicadores consistentes con una distribución desigual de EAD (p. ej., el índice de HHI del orden de 0,11 y el coeficiente de Gini de alrededor de 0,33). Estos diagnósticos no son capital *per se*, pero contextualizan el CSS y permiten monitorear si las acciones de gestión (p. ej., la diversificación) están surtiendo efecto.

Validación, robustez y limitaciones

- Calibración de factores. Se verificó estabilidad con $K = 3$ (varianza explicada: 88,6 %). Como robustez, puede explorarse $K \in \{2, 4\}$ y ventanas históricas alternativas de ICV.
- EL escenario teórico frente al simulado. El escenario EL simulado debe estar próximo a $\sum EAD \cdot LGD \cdot PD$. Diferencias finitas provienen del muestreo de Monte Carlo y de depuraciones.
- Granularidad (GA). Se dejó en 0 al estar ya reflejada por la simulación; en todo caso, si la gobernanza lo exige, puede añadirse GA analítico o empírico.
- Supuesto gaussiano. El multifactor es normal; en crisis, colas más pesadas podrían requerir extensiones (*t*-cópulas o *shocks* no gaussianos).
- ICV como proxy. El ICV captura el deterioro observado y las políticas de cobranza; es un proxy razonable, pero no una PD «pura». La elección se justifica por disponibilidad y trazabilidad regulatoria.

Modelo multifactorial por sector. Desarrollo del modelo de Vasicek por cliente

En primer lugar, se calcula el índice de HHI como medida de concentración de la exposición crediticia. Este indicador, definido como la suma de los cuadrados de las participaciones individuales de cada exposición en el total del portafolio, permite identificar cuán distribuida o concentrada está la cartera (Herfindahl, 1950; Hirschman, 1945). Valores cercanos a 0 indican una alta diversificación, mientras que valores cercanos a 1 reflejan una concentración extrema.

Posteriormente se aplica el modelo de Vasicek para calcular la UL del portafolio bajo el supuesto de un único factor sistemático que afecta la calidad crediticia de los deudores. El modelo estima la UL como la diferencia entre el percentil α de la distribución de pérdidas y la EL, permitiendo cuantificar el capital económico necesario para absorber *shocks* adversos (Vasicek, 2002).

A partir de este escenario base se desarrolla una simulación de Monte Carlo en la que se introducen mayores niveles de concentración en el portafolio, ya sea concentrando el riesgo en

menos contrapartes o aumentando las correlaciones sectoriales. Cada escenario simulado permite recalcular la pérdida inesperada y comparar los resultados frente al escenario base. De esta manera, se genera un diferencial de capital económico atribuible a la concentración.

Este diferencial puede ser interpretado como el capital adicional que Bancolombia debería mantener para cubrir el riesgo de concentración. Para el ejercicio se realizaron los siguientes escenarios:

Escenario base. Portafolio con correlaciones históricas

- Se parte de la estructura real de exposiciones (EAD), las probabilidades de incumplimiento (PD) y una LGD fija del 45 %.
- El modelo de Vasicek multifactor incorpora un factor sistémico (0,20) y un factor sectorial (0,20), que reflejan la dependencia común de los deudores frente a choques macroeconómicos y sectoriales.

Escenario A. Choque por concentración de exposición

- Se redistribuye un 25 % del total de la exposición ($\kappa K = 0,25$) hacia el 10 % de las contrapartes más grandes.
- Este ajuste incrementa el índice de concentración de HHI y reduce la granularidad del portafolio.
- Con los nuevos EAD ajustados, se corrió el mismo modelo de Vasicek multifactor con 5000 simulaciones de Montecarlo, manteniendo las mismas PD y LGD.
- Se recalculó la distribución de pérdidas de las EL y el VaR (99,9 %), y de las UL.

Escenario B. Choque por mayor correlación sectorial

- Se mantienen las mismas exposiciones del escenario base, pero se incrementa la carga del factor sectorial, pasando de 0,20 a 0,35.
- Esto simula un escenario de mayor co-movilidad intra-sector, en el que los *defaults* dentro de un mismo sector ocurren de manera más sincronizada.
- Se generaron 5000 simulaciones de Montecarlo de factores comunes (mercado y sectoriales) y *shocks* idiosincráticos.
- Se recalculó la distribución de pérdidas y, de allí, el VaR y las UL [Tabla 4].

Tabla 4. Escenarios para las diferentes exposiciones

```

=== ESCENARIO BASE ===
(→) HHI (0-10,000): 37.88
    EL: 3,037,623.75
    VaR: 6,386,011.69
    UL: 3,348,387.94

=== ESCENARIO A: Concentración de exposición ===
    HHI (0-10,000): 46.05
    UL: 3,365,234.96
    Diferencial UL vs Base: 16,847.01

=== ESCENARIO B: Mayor correlación sectorial ===
    HHI (0-10,000): 37.88
    UL: 4,416,863.22
    Diferencial UL vs Base: 1,068,475.28

=== RESUMEN ===

```

	Escenario	HHI_10000	EL	VaR	UL	Δ UL_vs_Base
0	Base	37.880057	3.037624e+06	6.386012e+06	3.348388e+06	0.000000e+00
1	A: Concentración	46.054371	2.349987e+06	5.715222e+06	3.365235e+06	1.684701e+04
2	B: Corr. sectorial	37.880057	3.037624e+06	7.454487e+06	4.416863e+06	1.068475e+06

Fuente: elaboración de los autores.

Escenario base: la UL fue de COP 3,35 millones, reflejando un portafolio diversificado con correlaciones moderadas.

Escenario A (concentración de exposición): la UL aumentó ligeramente hasta COP 3,37 millones, mostrando que la reconcentración de exposiciones eleva el capital económico requerido.

Escenario B (mayor correlación sectorial): la UL creció de forma más marcada, alcanzando COP 4,42 millones, lo que evidencia que la co-movilidad sectorial tiene un impacto más fuerte sobre las pérdidas extremas.

Resultados

Los resultados del modelo en el ámbito de los clientes evidencian que la pérdida inesperada aumenta como consecuencia de una mayor concentración en el portafolio, que se traduce en la necesidad de mantener un mayor capital económico. Adicionalmente, en el ejercicio realizado se observó una disminución en la pérdida esperada, dado que este indicador no depende únicamente de la variable estresada, sino también de la probabilidad de incumplimiento (PD) y de la pérdida dado el incumplimiento (LGD) de cada cliente.

Asimismo, los resultados del escenario B muestran que un incremento en la correlación entre sectores puede generar un efecto aún mayor sobre la pérdida inesperada y, en consecuencia, sobre el requerimiento de capital. Esto evidencia que la co-movilidad sectorial constituye un factor

determinante en la generación de pérdidas extremas, pudiendo superar el impacto observado por la concentración de exposiciones.

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

Los resultados del modelo multifactorial evidencian que, incluso en el escenario base, existe un sobrecosto significativo de capital (CSS) respecto al estimado por el modelo ASRF. Bajo choques sectoriales específicos y escenarios de mayor co-movilidad, el capital requerido crece de manera no lineal, alcanzando niveles que duplican o triplican los valores de referencia. Estos hallazgos confirman lo siguiente:

- 1) El riesgo de concentración sectorial tiene un impacto material sobre el capital económico, que no es capturado por los modelos unifactoriales.
- 2) La co-movilidad sistémica constituye un factor crítico capaz de generar pérdidas extremas más severas que la propia concentración de exposiciones.
- 3) La diferencia entre el EC_real y el EC_ASRF (CSS) debe ser interpretada como un indicador clave para la planificación de capital bajo el Pilar 2 del Marco de Basilea.

En síntesis, el análisis demuestra que Bancolombia requiere reconocer explícitamente el efecto de la concentración sectorial en su planeación de capital, dado su peso en la estabilidad financiera de la entidad.

4.2 Recomendaciones

A partir de los hallazgos mencionados, se sugieren las siguientes acciones de gestión:

- Establecer límites internos de concentración sectorial que orienten a las áreas de originación y eviten acumulaciones excesivas de exposición en los sectores dominantes.
- Definir objetivos de diversificación por sector y sub-sector, de manera que se reduzca la dependencia del portafolio frente a choques específicos.
- Incorporar un colchón adicional de capital de Pilar 2 del Marco de Basilea, equivalente al CSS estimado, y ajustado según la sensibilidad de los escenarios analizados.
- Monitorear permanentemente las correlaciones sectoriales, dado que un incremento en la sincronía entre sectores puede generar impactos más severos sobre el capital que la propia concentración de exposiciones.
- Ampliar los ejercicios de simulación en futuras iteraciones, incorporando supuestos más exigentes (LGD en recesión, ajustes de granularidad analíticos, colas pesadas), a fin de robustecer la política de gestión del riesgo de concentración.

Referencias

- Basel Committee on Banking Supervision, BCBS. (2006). *International convergence of capital measurement and capital standards: A revised framework*. Basilea: Bank for International Settlements, BIS. <https://www.bis.org/publ/bcbs107.htm>
- Brunet, A. (2020). *Análisis del deterioro crediticio bajo NIIF 9*. Bogotá: Asociación Colombiana de Contabilidad.
- Colombia, Superintendencia Financiera, SFC. (2024). *Circular Externa 003 de 2024*. Bogotá: SFC.
<https://sedeelectronica.sic.gov.co/sites/default/files/normativa/Circular%20externa%20No.%20003%20del%2022%20de%20agosto%20de%202024.pdf>
- Deutsche Bundesbank. (2006). *Stress testing and concentration risk in credit portfolios*. Frankfurt: Deutsche Bundesbank.
<https://www.bundesbank.de/resource/blob/706648/9506a7c0c5922a1391167ac15aafcb4e/mL/2006-06-concentration-risk-data.pdf>
- Düllmann, K., & Masschelein, N. (2006). *Sector concentration risk in credit portfolios and economic capital*. NBB Working Paper 105.
<https://www.econstor.eu/bitstream/10419/144318/1/wp105.pdf>
- García Tudela, J. M. (2022). *Optimización de portafolios de crédito penalizando la concentración sectorial*. Madrid: Universidad Complutense.
- Gordy, M. B., & Lütkebohmert, E. (2007). Granularity adjustment for regulatory capital. *International Journal of Central Banking*, septiembre.
<https://www.ijcb.org/journal/ijcb13q3a2.htm>
- Grippa, P., & Gornicka, L. (2016). *Measuring concentration risk: A partial portfolio approach*. IMF Working Papers N.º 16/158. Washington, D.C.: Fondo Monetario Internacional.
<https://doi.org/10.5089/9781475523171.001>
- Herfindahl, O. (1950). *Concentration in the U.S. Steel Industry*. New York City, NY: Columbia University.
- Hirschman, A. O. (1945). *National power and the structure of foreign trade*. Los Angeles, CA: University of California Press.
- Jarratt, J., & Schlögl, E. (2024). Sector concentration risk in credit portfolios, SSRN. DOI: 10.2139/ssrn.5064224
- Kurtz, C. (2018). Calculating capital charges for sector concentration risk. *Journal of Credit Risk*. URL: (Risk.net) <https://www.risk.net/journal-of-credit-risk/6045951/calculating-capital-charges-for-sector-concentration-risk>
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77-91.
<https://doi.org/10.2307/2975974>

- Prudential Regulation Authority, PRA. (2015). *Supervisory Statement SS31/15: The ICAAP Pillar 2 capital framework*. London: Bank of England. <https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/prudential-regulation/supervisory-statement/2015/ss3115.pdf>
- Vasicek, O. A. (1977). *Probability of loss on loan portfolio*. San Francisco, CA: KMV Corporation. DOI 10.1002/9781119186229.ch17
- Vasicek, O. A. (2002). The distribution of loan portfolio value. *Risk*, 15(12), s. pp. <https://www.bankofgreece.gr/MediaAttachments/Vasicek.pdf>