

Maestría en Ciencias Actuariales

Estudio del riesgo de incumplimiento en la implementación del programa de garantías crediticias “Unidos por Colombia” del FNG en el marco de la pandemia

Jeimmy Catalina Galindo Caro

Bogotá, D.C., 20 de mayo de 2022

Estudio del riesgo de incumplimiento en la implementación del programa de garantías crediticias “Unidos por Colombia” del FNG en el marco de la pandemia

Tesis para optar al título de Magíster en Ciencias Actuariales

María Carolina Ramírez Sepúlveda

Director

Bogotá, D.C., 20 de mayo de 2022

La tesis de maestría titulada “Estudio del riesgo de incumplimiento en la implementación del programa de garantías crediticias “Unidos por Colombia” del FNG en el marco de la pandemia”, presentada por Jeimmy Catalina Galindo Caro, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ciencias Actuariales.

Director de la tesis

María Carolina Ramírez Sepúlveda

Jurado

Nombre 2

Jurado

Nombre 3

Bogotá, D.C., día de mes de año (fecha de aceptación del trabajo por parte del jurado)

Dedicatoria

A mi primo Miguel. De ti aprendí a amar la vida aun cuando duele.

## Agradecimientos

A María Carolina Ramírez por creer en esta idea y apoyarme en todo el proceso.

A Iván Lozada por su ayuda brindándome su punto de vista crítico.

A mi familia por apoyarme siempre.

## **Resumen**

La pandemia del covid-19 afectó fuertemente el sistema económico mundial, las cuarentenas y los cierres temporales del aparato productivo convirtieron esta crisis económica en un nuevo desafío a enfrentar para la política económica. El mundo que venía recuperándose apenas de las crisis subprime mostraron cifras con decrecimientos de hasta un 20%, altas tasas de desempleos que no se presenciaban desde la SGM y un aumento significativo de la pobreza extrema a nivel mundial, estos resultados se tradujeron en múltiples medidas de política para mitigar la exposición a la que dejaba esta nueva crisis. Es aquí donde los sistemas de garantías crediticias entra a jugar un papel relevante como mecanismo de reactivación económica, con esta nueva crisis muchos gobiernos optaron por este tipo de medidas incluyendo a Colombia que mediante el Fondo Nacional de Garantías implementó el programa "Unidos por Colombia" que buscó eliminar las barreras a las MiPymes a la hora de solicitar un crédito con el sistema financiero que permitiera seguir operando en el largo plazo, sin embargo, este tipo de políticas suponen un riesgo para la economía colombiana debido al contexto en el que se desarrolla. Por lo tanto, este trabajo estudia el riesgo de incumplimiento al que se enfrenta el gobierno nacional al otorgar garantías crediticias a las MiPymes.

**Palabras claves: Riesgo crediticio, Modelos GLM, covid-19, sistemas de garantías crediticias públicos, Fondo Nacional de Garantías.**

## **Abstract**

The covid-19 pandemic strongly affected the world economic system; quarantines and temporary closures of the productive apparatus turned this new economic crisis into a new challenge to be faced. The world, which had just been recovering from the subprime crisis, showed figures with degrowth rates of up 20%, high unemployment rates that had not been seen since World War II and a significant increase in extreme poverty at a global level. It is here where the credit guarantee systems enter to play a relevant role as a mechanism for economic reactivation, with this new crisis many governments opted for this type of measures including Colombia that through the National Guarantee Fund implemented the program "Unidos por Colombia" that seeks to eliminate barriers to MSMEs when applying for credit with the financial system and have the possibility to continue operating in the long term, however, these types of policies pose a risk to the Colombian economy due to the

context in which it is developed. Therefore, this paper studies the default risk faced by the national government when granting credit guarantees to MSMEs.

**Keywords: Credit risk, GLM models, covid-19, State-fund guarantee, Fondo Nacional de Garantías.**

## Tabla de contenido

<b>1</b>	<b><i>Introducción</i></b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b><i>Impacto económico del COVID-19</i></b> .....	<b>14</b>
2.1	<b>Políticas económicas</b> .....	<b>17</b>
2.2	<b>Sistemas de Garantías Crediticias</b> .....	<b>19</b>
2.3	<b>Contexto colombiano</b> .....	<b>26</b>
2.3.1	El FNG y la política “Unidos por Colombia” .....	27
2.3.2	¿Qué es el Fondo Nacional de Garantías? .....	27
2.3.3	Historia del Fondo Nacional de Garantías .....	27
2.3.4	Constitución del Fondo Nacional de Garantías .....	28
2.3.5	¿Cómo acceder al sistema de garantías crediticias? .....	28
2.3.6	Política “Unidos por Colombia” .....	29
<b>3</b>	<b><i>Modelos de riesgo crediticio</i></b> .....	<b>32</b>
3.1	<b>Modelos de riesgo crediticio</b> .....	<b>33</b>
3.1.1	Modelos literatura .....	34
3.1.2	Modelos lineales generalizados.....	35
3.2	<b>Riesgo crediticio en contexto de crisis</b> .....	<b>42</b>
<b>4</b>	<b><i>Metodología</i></b> .....	<b>50</b>
4.1	<b>Tratamiento de los datos</b> .....	<b>53</b>
4.1.1	Imputación de datos .....	53
4.1.2	Calidad de información .....	54
4.1.3	Depuración con base en indicadores financieros .....	55
4.2	<b>Estadística descriptiva y datos</b> .....	<b>58</b>
4.2.1	Análisis univariado .....	58
4.2.2	Análisis bivariado .....	67
4.3	<b>Presentación del modelo de riesgo crediticio seleccionado</b> .....	<b>74</b>
4.4	<b>Validación del modelo</b> .....	<b>77</b>



<b>4.5</b>	<b>Estimación del riesgo crediticio para la política “Unidos por Colombia” .....</b>	<b>78</b>
<b>4.6</b>	<b>Back test del modelo.....</b>	<b>81</b>
<b>4.7</b>	<b>Evaluación de los diferentes escenarios de perdidas .....</b>	<b>82</b>
4.7.1	Escenario base (escenario 1) .....	83
4.7.2	Escenario 2.....	84
4.7.3	Escenario 3.....	85
<b>5</b>	<b><i>Conclusiones y recomendaciones.....</i></b>	<b>87</b>
<b>6</b>	<b><i>Bibliografía.....</i></b>	<b>92</b>
<b>7</b>	<b><i>Glosario.....</i></b>	<b>96</b>

## Índice de tablas

Tabla 1 Capital e inversión programa "Unidos por Colombia" .....	30
Tabla 2 Lista de sectores económicos a los que acoge el programa "Unidos por Colombia" .....	31
Tabla 3 Determinantes de riesgo crediticio en variables macroeconómicas, financieras e institucionales. ....	50
Tabla 4 Depuración de datos .....	57
Tabla 5 Análisis descriptivo univariado .....	60
Tabla 6 Modelo Probit seleccionado .....	79
Tabla 7 Escenario 1 de pérdidas .....	84
Tabla 9 Escenario 2 de pérdidas .....	84
Tabla 11 Escenario 3 de pérdidas .....	85
Tabla 13 Resumen de los escenarios de incumplimiento .....	87
Tabla 14 Correlación todas las variables .....	106
Tabla 15 Correlación variables seleccionadas .....	106
Tabla 16 Selección variables modelo Probit.....	107
Tabla 17 Resultados de los modelos ejecutados .....	110
Tabla 18 Resultados de los modelos ejecutados .....	111
Tabla 19 Resultados de los modelos ejecutados .....	112

## Índice de gráficos

Gráfico 1 Deterioro por año .....	61
Gráfico 2 Deterioro por departamento .....	61
Gráfico 3 Deterioro - ROE .....	62
Gráfico 4 Deterioro - ROA .....	62
Gráfico 5 Deterioro - RA.....	63
Gráfico 6 Deterioro - AF .....	63
Gráfico 7 Deterioro - CEF.....	64
Gráfico 8 Deterioro - ESF .....	64
Gráfico 9 Deterioro - ICF .....	65
Gráfico 10 Deterioro - RPEF .....	65

Gráfico 11 Deterioro - RPPCP .....	66
Gráfico 12 Deterioro - RPPLP .....	66
Gráfico 13 Deterioro - CPC .....	67
Gráfico 14 Deterioro - CPNC.....	67
Gráfico 15 Deterioro - Departamento/Año .....	68
Gráfico 16 Deterioro - ROE/Año .....	69
Gráfico 17 Deterioro - ROA/Año .....	69
Gráfico 18 Deterioro - RA/Año .....	70
Gráfico 19 Deterioro - AF/Año.....	70
Gráfico 20 Deterioro - CEF/Año .....	71
Gráfico 21 Deterioro - ESF/Año .....	71
Gráfico 22 Deterioro - ICF/Año .....	72
Gráfico 23 Deterioro - RPEF/Año.....	72
Gráfico 24 Deterioro - RPPCP/Año.....	73
Gráfico 25 Deterioro - RPPLP/Año .....	73
Gráfico 26 Deterioro - CPC/Año.....	74
Gráfico 27 Deterioro - CPNC/Año .....	74
Gráfico 28 AIC y BIC - Modelos Logit .....	76
Gráfico 29 Curva ROC - Modelos Logit .....	76
Gráfico 30 AIC y BIC - Modelos Probit .....	77
Gráfico 31 Curva ROC - Modelos Probit.....	77
Gráfico 32 AIC y BIC - Modelos Cloglog.....	77
Gráfico 33 Curva ROC - Modelos Cloglog.....	77
Gráfico 34 Curva ROC - Validación del modelo .....	78
Gráfico 35 Curva ROC 2016(2017).....	82
Gráfico 36 Curva ROC 2017(2018).....	82
Gráfico 37 Curva ROC 2018(2019).....	82
Gráfico 38 Curva ROC 2019(2020).....	82
Gráfico 39 Deterioro - A .....	100
Gráfico 40 Deterioro - IS .....	101
Gráfico 41 Deterioro - RE.....	101
Gráfico 42 Deterioro - IP .....	102
Gráfico 43 Deterioro - A/Año.....	102

Gráfico 44 Deterioro - IS/Año.....	103
Gráfico 45 Deterioro - RE/Año.....	103
Gráfico 46 Deterioro - IP/Año.....	104

### **Índice de ilustraciones**

Ilustración 1 Mapa respuesta promedio.....	59
Ilustración 2 Mapa observaciones.....	59
Ilustración 3 Mapa escenario base .....	84
Ilustración 4 Mapa escenario 2 .....	85
Ilustración 5 Mapa escenario 3 .....	86

### **Índice de anexos**

Anexo 1.....	98
Anexo 2.....	100
Anexo 3.....	104
Anexo 4.....	113

## 1 Introducción

El año 2020 supuso un revés en términos económicos a nivel mundial, el aparato productivo, que de alguna manera se estaba recuperando de la crisis subprime, tuvo que enfrentarse otra vez a un nuevo tipo de crisis con causas exógenas. La actividad económica de los países de primer mundo cayó hasta un 8%, las cifras de desempleo mostraron tasa de hasta un 10%. Bajo el contexto latinoamericano, el impacto fue mucho más pronunciado las cifras del PIB arrojaron un decrecimiento de hasta un 20%, el número de personas desempleadas aumentó a 44 millones, hecho que se reflejó principalmente en el aumento de la pobreza extrema afectando a un 10% de la población. Para Colombia, el escenario la pandemia contrajo la economía en un 15,9% y la tasa de desempleo se posicionó en un 21,4%, resultados históricos.

Frente a esta crisis económica mundial, los países han activado medidas de rescate y reactivación económica, en la Unión Europea y EE. UU se han implementado medidas como bajas en las tasas de interés, incentivos económicos y financiación para la vacunación. En particular, Latinoamérica optó por medidas de apoyo a pymes mediante créditos, en particular, en Colombia el gobierno nacional implementó el programa “Unidos por Colombia” a través del Fondo Nacional de Garantías (FNG) el cuál funge como garante ante las entidades financieras para que las MiPymes puedan acceder a crédito que en circunstancias normales no serían capaces. Este tipo de políticas supone una carga en las finanzas del estado y más en un contexto de crisis, es por eso que este trabajo se centró en el estudio del impacto en la probabilidad de incumplimiento de las empresas bajo este contexto y a qué riesgo el gobierno nacional se expuso al implementar un programa como este. Para ello, este trabajo tuvo como fin determinar mediante un modelo de riesgo crediticio el nivel de exposición al que enfrenta el gobierno nacional al implementar esta política, se analizó en qué consiste el FNG y su programa “Unidos por Colombia”, se realizó un estado del arte de la implementación de programas similares y de los modelos de riesgo crediticio, se recopiló la información para este caso particular se hizo la estimación del modelo de riesgo crediticio y de los escenarios de pérdidas dado un evento de incumplimiento por esta política.

Este trabajo se encuentra dividido en tres secciones. La primera abordó el contexto de la pandemia del covid-19, cómo impactó a la economía mundial, en especial a Colombia,

luego se presenta la información de los casos a nivel mundial que han implementado este tipo de garantías crediticias y cómo afecta en términos de riesgo crediticio a las finanzas del Estado, luego se explicará en qué consiste este programa y a qué tipo de empresas cobija. En la segunda parte, se realizó una recolección de los modelos de riesgo crediticio, su definición, características, modelos planteados por la literatura y los ejecutados en la práctica, modelos glm y qué tipos de modelos se han aplicado para observar el riesgo crediticio bajo contexto macroeconómico. Finalmente, en la tercera parte, se expuso la metodología para la recolección de información, su limpieza e imputación, su análisis descriptivo y la ejecución de los modelos hasta la elección del mejor en términos de la curva ROC, AIC y BIC, se interpretaron cada una de las variables y se observaron los escenarios con sus respectivas pérdidas esperadas o coberturas en caso de que las empresas incumplan con sus obligaciones contraídas con el sistema financiero en el marco de la pandemia del covid-19.

## **2 Impacto económico del COVID-19**

La pandemia del covid-19 no solo debilitó el sistema de salud mundial, sino que también de manera masiva afectó su sistema económico, poniendo en riesgo tanto a las grandes economías como a las pequeñas. En tan solo pocos meses los países tuvieron que decretar el cierre de sus fronteras y de los diferentes sectores económicos con el fin minimizar la exposición al virus, dejando parcialmente abiertas todas aquellas actividades que son esenciales para las economías.

Esta nueva crisis puso en evidencia la debilidad de un sistema cuyos cimientos estaban fuertemente sostenidos en las relaciones comerciales entre todos los países. Tan solo en junio de 2020, el Banco Mundial pronosticaba una caída de la economía mundial del 5,2%, siendo del 7% para las economías avanzadas y del 2,5% para los mercados emergentes y economías en desarrollo. Adicionalmente, preveía un impacto directo a la baja de los ingresos per cápita de un 3,6%, llevando a millones de personas a formar parte de la pobreza extrema (BM, 2020).

Los efectos económicos que ha dejado la pandemia no son pocos, entre los más importantes se destacan los cierres progresivos de empresas, en su mayoría medianas y pequeñas empresas, generando efectos observables en la caída del PIB y el aumento de

las tasas de desempleo. Algunos economistas enmarcarían esta crisis como la denominada “Parada repentina” término usado por los economistas Rudiger Dornbusch, Ilan Goldfajn y Rodrigo O. Valdés. En su artículo «Currency Crises and Collapses» de 1995, sobre la caída del peso mexicano en 1994, los autores mencionan una de las causas de la crisis mexicana sintetizada en esta frase “No es la velocidad lo que mata, es la parada repentina”. Este mismo caso de parada repentina de la economía se presenta con el inicio de la pandemia, donde la actividad económica tuvo que detenerse repentinamente y que, hasta el momento, por su efecto exógeno solo ha dejado daños estructurales en el sistema económico mundial.

Según el informe al parlamento inglés “coronavirus: economic impact”<sup>1</sup>, las consecuencias observables de esta crisis mundial se centraron en 4 aspectos:

- Interrupción de la cadena de suministro, las empresas tuvieron dificultades para abastecerse de las piezas o de los inventarios que necesitaban acarreado una escasez de bienes y materias primas.
- Aumento del desempleo, el cierre progresivo de las economías llevó a un despido masivo de trabajadores limitando la cantidad de trabajadores por empresa.
- Cierre de empresas que dependían de la presencialidad para operar y que por restricciones gubernamentales se vieron obligadas a cerrar, desencadenando cierres permanentes.
- Aumento en la incertidumbre que afectó la confianza y el comportamiento de los consumidores y las empresas. Por ejemplo, las empresas, que ya se enfrentaban a un recorte de sus reservas de efectivo durante los cierres, redujeron su inversión en parte debido a las inciertas perspectivas económicas.

Hasta el momento, a nivel internacional las cifras macroeconómicas para el 2020 mostraron que, en el caso de Reino Unido, el PIB se redujo un 9,8% en 2020, la mayor caída desde que se iniciaron los registros consistentes en 1948 y la mayor en más de trescientos años según algunas estimaciones. La tasa de desempleo pasó del 4,0% antes de la pandemia al 5,2% a finales de 2020, antes de reducirse al 4,6% a mediados de 2021 (Harari, Keep, &

---

<sup>1</sup> Harari, D., Keep, M., & Brien, P. (2021). Coronavirus: Economic impact. UK Parliament. Commons Library Research Briefing. <https://commonslibrary.parliament.uk/research-briefings/cbp-8866/>. Págs.9-10.

Brien, 2021, pág. 14). Y en comparación con otras economías, el PIB del Reino Unido tuvo un descenso mayor que el de las demás economías del G7, entre las que se encuentran Estados Unidos (-3,4%), Alemania (-4,9%), Francia (-8,0%) y el conjunto de la eurozona (-6,5%) (Harari, Keep, & Brien, 2021, pág. 34).

En un artículo realizado por Juan M. Sánchez economista y vicepresidente adjunto del Banco de la Reserva Federal de St. Louis, se analizó una muestra de 171 países, divididos en 3 grupos según sus ingresos (altos, medianos y bajos ingresos). Se encontró que el cierre de muchos sectores de la economía generó una disminución significativa en el crecimiento del PIB, llegando a 8,7 puntos porcentuales para los países de ingresos medianos. Los países más ricos sufrieron un poco menos, con una mediana de 6,4 puntos porcentuales, principalmente porque comenzaron a recuperarse antes de finales de 2020. Así mismo, el impacto del covid-19 fue menor en los países más pobres, en este caso porque muchos no tenían los recursos para implementar bloqueos estrictos. Sin embargo, incluso en este grupo de países, el crecimiento medio del PIB fue 5,2 puntos porcentuales inferior al esperado (Sanchez, 2021).

La Reserva Federal también indicó en un informe de política monetaria que la recesión económica relacionada con la pandemia estaba afectando de forma desproporcionada a ciertos grupos de la economía. Los trabajadores con salarios más bajos y menos educados, las minorías raciales y étnicas, y las mujeres. Powell también indicó que las tasas de desempleo publicadas "subestimaban dramáticamente" el deterioro del mercado laboral estadounidense. En lugar de la tasa de desempleo anunciada del 6,5% en enero de 2021, Powell argumentó que la tasa real estaba probablemente más cerca del 10%, reflejando a los trabajadores desanimados que han dejado de buscar trabajo y, por lo tanto, no se cuentan como parte de la fuerza laboral (Jackson, y otros, 2021, pág. 9).

Para el caso latinoamericano, en el segundo trimestre del 2020, México presentó un decrecimiento del 19%, Chile del 13,5% y Brasil del 11% (UMAC, 2020). En general, para el 2020 América Latina y el Caribe tuvieron una reducción tanto en el PIB como en la inversión de un 7,7% y un 20%, respectivamente. La crisis ha afectado gravemente las estructuras productivas y el mercado laboral mostrando que más de 2,7 millones de empresas han cerrado y el número de personas desempleadas ha aumentado hasta situarse en 44,1 millones. Se estima que el número de personas en situación de pobreza



pasará de 185,5 a 209 millones (del 30,3% al 33,7% de la población total). Al mismo tiempo que el número de personas en situación de pobreza extrema aumentará hasta alcanzar los 78 millones, 8 millones más que antes (CEPAL, 2021, pág. 1).

## **2.1 Políticas económicas**

Los diferentes responsables de política económica se han dado a la tarea de formular estrategias para combatir las consecuencias negativas de esta crisis. Para abril de 2021, el FMI hizo las siguientes observaciones y cálculos sobre el impacto de la pandemia en la economía mundial: Se calcula que los gobiernos de todo el mundo han aportado 16 billones de dólares en concepto de ayuda financiera. El FMI estima que, sin este apoyo, el descenso de aproximadamente el 3% del PIB mundial en 2020 habría sido tres veces peor. A pesar de ello, el FMI prevé que, en relación con sus pronósticos previos a la pandemia, el PIB per cápita en 2024 será un 2,3% menor en las economías avanzadas y un 4,7% menor en las emergentes. También estima que casi 95 millones de personas más se situarán por debajo del umbral de pobreza extrema en 2020 en comparación con las previsiones anteriores a la pandemia (Harari, Keep, & Brien, 2021, pág. 13).

A nivel mundial se han implementado diferentes medidas de rescate económico durante la crisis:

- En la Unión Europea, instituciones como la Comisión Europea (EC), el Banco Europeo de Inversiones (EIB) y el Mecanismo Europeo de Estabilidad (ESM) decidieron generar un apoyo a la liquidez de las empresas, personas y financiación de los programas de vacunación por un monto de 540 millones de euros (Janse, 2020) junto con medidas de gastos fiscales reflejados en subsidios salariales directos del gobierno del 80-90% cuya respuesta ha sido positiva en el empleo respecto a las medidas tomadas en EE.UU (Kirkegaard, 2020).
- Reino Unido redujo las tasas de interés en dos etapas hasta el 0,1%, el nivel más bajo jamás alcanzado, primero, se bajaron del 0,75% al 0,25% y luego, se redujeron de nuevo hasta 0,1% y desde entonces se han mantenido en este porcentaje. Esta reducción incluye un nuevo Plan de Financiamiento a Plazo diseñado para garantizar que los bancos traspasen los recortes de las tasas de interés a las empresas y los consumidores dándoles acceso a préstamos baratos del Banco de

Inglaterra. Se han proporcionado más de 340 mil millones de libras en medidas relacionadas con el virus a través de impuestos, asistencia social y otros gastos. Programas de apoyo al empleo, manteniendo a los trabajadores vinculados a sus empleadores, mientras el gobierno paga hasta el 80% de sus salarios. Además de programas de préstamos ofrecidos a todas las empresas otorgando préstamos de hasta 50.000 libras esterlinas o el 25% del volumen de negocios o préstamos de hasta 5 millones de libras para empresas con un volumen de negocios inferior a 45 millones de libras. El esquema ofrece procedimientos de solicitud simplificados y los préstamos están respaldados al 100% o al 80% por el Gobierno (Harari, Keep, & Brien, 2021, pág. 48).

- En Estados Unidos se han enfocado en incentivos económicos donde la Reserva Federal a fin de evitar un brote de riesgo sistémico respondió con un estímulo monetario masivo, aumentando sus activos hasta un 83% respecto al 2019. Este aumento ha ayudado en gran medida al crédito bancario total (Orlowski, 2020). A su vez, se redujeron las tasas de interés al límite inferior de cero y se empleó la herramienta de preanuncio monetario, compras ilimitadas de títulos del Tesoro de los Estados Unidos y de títulos con garantía hipotecaria de agencias estadounidenses, reducción de la tasa de crédito primaria en 150 puntos básicos, hasta situarla en el 0,25%, se eliminaron los requisitos de reserva y con ello se liberaron unos 140.000 millones de dólares de capacidad para que los bancos los redistribuyeran en otras áreas, también se crearon programas de financiamiento para protección de nómina y pymes, al igual que la ley CARES enfocada en otorgar subsidios a hogares (CEPAL, 2020, pág. 23). Otra medida que tomó el Congreso de Estados Unidos fue la ley de estímulo económico de 1,9 billones de dólares, denominada Ley del Plan de Rescate de Estados Unidos firmada por el presidente Biden en marzo del 2021 (Jackson, y otros, 2021, pág. 10).
- En Latinoamérica los países de la región han desarrollado medidas para mitigar los efectos sobre los sistemas de salud, los hogares y el sector corporativo, particularmente, las MiPymes. El esfuerzo fiscal, como promedio simple, del conjunto de medidas de alivio tributario (ingresos no percibidos), de gasto público (extraordinario y producto de reorganizaciones presupuestarias) y de liquidez (excluidas las garantías estatales de créditos) adoptadas en la región representan el 4,1% del PIB. Adicionalmente, 11 países anunciaron la creación o el

reforzamiento de fondos públicos para respaldar la provisión de créditos a las empresas. Argentina creó un Fondo de Afectación Específica que transferirá recursos al Fondo de Garantías Argentino (FOGAR) representando un 0,5% del PIB, Brasil el Programa de Emergencia de Acceso al Crédito (PEAC) del Fondo de Garantía de Inversiones (FGI), Chile la capitalización extraordinaria del Fondo de Garantía para Pequeños Empresarios (FOGAPE) representando un 1,2% del PIB, Perú las distintas líneas de garantías estatales de crédito (Reactiva Perú y los Fondos de Apoyo Empresarial) equivalentes al 9,2% del PIB. También se han desarrollado planes para la reactivación económica, en Chile se aprobó la creación del Fondo de Emergencia Transitorio Covid-19 donde se gestionarán recursos equivalentes al 4,8% del PIB, Perú aprobó el plan Arranca Perú equivalente al 0,9% del PIB. En conjunto estos países se han enfocado en tres objetivos principales: ampliar los niveles de liquidez existentes en el sistema financiero, asistir a entidades financieras y a deudores para evitar un deterioro del balance de las instituciones financieras, estabilizar el mercado cambiario e inyectar liquidez al fisco, a las grandes empresas y a las instituciones financieras desde los bancos centrales (CEPAL, 2020, págs. 127-128).

## **2.2 Sistemas de Garantías Crediticias**

Los sistemas de garantías pertenecen a un tipo de políticas que tienen por objeto reactivar la economía cuyo mecanismo de transmisión es el empuje mediante créditos a la oferta para que de esta manera se genere empleo, se solventen costos y finalmente, las empresas se mantengan en el mercado. No obstante, hasta el momento no hay suficiente claridad sobre los riesgos que implica implementar este tipo de políticas en una economía emergente, como la colombiana, y en medio de una crisis cuyo factor de impacto es exógeno, por lo tanto, resulta necesario darle profundidad a este tipo de políticas, analizar sus implicaciones bajo este contexto y determinar el nivel de exposición al riesgo al que se enfrenta una economía como la colombiana. Es por esta razón que se realiza una revisión de la literatura que den cuenta de programas de garantías crediticias y que hayan sido implementadas en un entorno de vulnerabilidad que pudiera generar un aumento del riesgo de impago, dentro la búsqueda se encontró lo siguiente:

Los sistemas de garantías crediticias (SGC) son mecanismos utilizados tanto por los gobiernos, como por el sector privado para mejorar el acceso a préstamos a empresas que por su estructura generan una mayor incertidumbre al sistema bancario. En general, la literatura concuerda que la presencia de los SGC supone una respuesta ante un fallo de mercado en la provisión de financiación de las pymes. Esta respuesta consiste mejorar la rentabilidad del riesgo para los bancos privados, para así aumentar su disposición a conceder préstamos (Cowling et al., 2017; Cowling, 2010; Cowling and Siepel, 2013; Honaghan, 2008). El instrumento empleado para que la función de riesgo/rentabilidad de los bancos cambie es la tasa de cobertura, la proporción del préstamo otorgado por el banco que se encuentra garantizado por el gobierno/privado en caso de incumplimiento por parte del prestatario (Cowling et al., 2017; Beck et al., 2010).

En el fondo el nivel de garantía asegura que parte del riesgo sea compartido por el banco. Esto aumenta los incentivos para llevar a cabo el proceso de préstamos y para supervisar las solicitudes de préstamos exitosas lo que se traduce en reducción de las pérdidas esperadas por el incumplimiento de préstamos y aumenta la morosidad con SGC (Cowling et al., 2017). Las garantías se pueden gestionar a través de un mecanismo de pérdidas esperadas o por cobertura directa por parte del garante mediante un porcentaje del préstamo otorgado (Corredera-Catalán et al., 2021).

Existen diferentes modalidades de SGC, en la Unión Europea rigen dos: el primero, la Sociedad de garantías (dirigido por privados) que en su mayoría son resultado de la unión de empresas dando solución a la problemática de acceso a créditos mediante la generación de garantías recíprocas. El segundo, son los sistemas de garantías crediticias públicas directamente desarrollado por los gobiernos para estimular las economías (Corredera-Catalán et al., 2021). Existe una tercera modalidad de garantías que son las contragarantías cuya función es generar una segunda garantía a los préstamos (repartiendo el riesgo), en su mayoría esta es ejecutada por privados. La modalidad más empleada por los países es la modalidad de tipo pública.

Estos instrumentos, aunque se han empleado durante varias décadas, su principal función se centra en la estimulación de las economías en periodos de crisis económicas y financieras, poniendo en primer plano la asunción de riesgos financieros por parte del sector público. Y justamente, los SGC se han generalizado hasta tal punto que en el año 2015 casi

todos los países del mundo los tenían implementados (Pombo et al., 2015). El mercado objetivo de los SGC son las pymes dado que existe grandes barreras para que puedan acceder a créditos bancarios, generando dificultades para que puedan estimular su funcionamiento y crecimiento. Estos dos factores son importantes debido a que el crecimiento de las pymes produce externalidades positivas, ya que genera mejora en cohesión social, se reduce la pobreza, se fomenta el desarrollo regional y local (Caselli et al., 2021; Peterson, 1977; Amini, 2004; Beck et al., 2005). Además, las pymes tienden a contribuir al bienestar y la estabilidad de la sociedad, y estas empresas proporcionan una parte importante del empleo total de los países (Kang y Heshmati, 2008). Por estas razones, mejorar la viabilidad de la financiación de las pymes puede tener un impacto positivo en el crecimiento económico (Caselli et al., 2021).

Cuando se menciona que existen barreras para las pymes respecto al acceso de créditos bancarios se hace referencia a un aspecto principal que es lo que la literatura ha denominado la opacidad o prestatarios opacos donde los prestamistas no pueden acceder a la información dura (estados financieros e información sobre pagos) de estas empresas y deben recurrir a la información blanda (capacidades de gestión y posición de la empresa en el mercado de productos y estrategias) como una medida aproximada del estado y funcionamiento de estas empresas en el mercado, esta opacidad a su vez genera problemas de selección adversa dada las asimetrías en la información en los mercados crediticios a la hora de escoger a que empresa prestar o no (Caselli et al., 2021).

Otros factores que generan desconfianza sobre las pymes es la incertidumbre respecto a la generación de ingresos futuros, su capacidad de gestión y control del riesgo, la imposibilidad de entregar garantías que respalden el préstamo y la antigüedad de las empresas (Corredera-Catalán et al., 2021; Arcuri et al., 2019; Caselli et al., 2021).

Por estas razones se crearon los SGC dado que las pymes generan externalidades positivas a la economía y que requieren de apalancamiento para su sobrevivencia en el largo plazo y sobre todo en periodos de crisis, es necesario que existan estos instrumentos que hagan posible el acceso a créditos bancarios. Sin embargo, las investigaciones se han

concentrado en dos aspectos: consideran la perspectiva de *adicionalidad*<sup>2</sup> financiera, donde la mayor disponibilidad de crédito para las empresas destinatarias y la mejora de las condiciones financieras (Levitsky, 1997; Boocock y Shariff, 2005; Benavente et al., 2006; Riding et al., 2007; Cowling, 2010; Abraham y Schmukler, 2017). Y la segunda perspectiva analiza la *adicionalidad* económica centrada en el impacto de las garantías públicas en el crecimiento del empleo, los ingresos fiscales, el crecimiento de las ventas o la tasa de crecimiento de los beneficios (Bradshaw, 2002; Riding et al., 2007; Boocock y Shariff, 2005; Benavente et al., 2006; Lelarge et al., 2010; Schmidt y Van Elkan, 2010; Uesugi et al., 2010; Caselli et al., 2019). En esta perspectiva, la *adicionalidad* financiera se considera un resultado intermedio, mientras que la *adicionalidad* económica es el resultado político principal. Además, existe una tercera perspectiva que se refiere a la sostenibilidad financiera, es decir, a la capacidad del programa para cubrir los costes de su funcionamiento y el incumplimiento que se produce (Green, 2003; Beck et al., 2008; Jonsson, 2009; Schich et al., 2017; Saito y Tsuruta, 2018). El mantenimiento de la sostenibilidad financiera del programa es una condición necesaria, aunque no suficiente, para garantizar la *adicionalidad* económica y financiera a medio y largo plazo (Caselli et al., 2021).

Ahora bien, la perspectiva que se ajusta al análisis que se desarrollará en este trabajo es la tercera, centrándose principalmente el análisis del incumplimiento que se produce el generar un programa ajustado a un SGC colombiano en el marco de una crisis como es el covid-19. Debido a que una política de tipo anticíclica reduce el riesgo bancario y aumenta el número de préstamos otorgados en el mercado. Sin embargo, es relevante tener en cuenta que al asumir el riesgo el gobierno nacional se enfrenta a tener una mayor exposición a riesgo de impago y un aumento del compromiso de financiamiento público y que puede amenazar la sostenibilidad financiera de algunos programas en el mediano y largo plazo. Puede afectar en gran medida la estabilidad del sistema económico y

---

<sup>2</sup> Bajo el contexto de sistemas de garantías crediticias, la adicionalidad financiera hace referencia al facilitar las condiciones de un crédito a empresarios que por sus condiciones no podrían solicitar. Existe la adicionalidad financiera extensiva que hace referencia a permitir el acceso a determinado volumen de crédito, que, sin la garantía, se encuentra restringido y la adicionalidad financiera intensiva que es la mejora de las condiciones del crédito como consecuencia de la garantía ya sea por medio de la tasa de interés o del plazo. Por otra parte, existe la adicionalidad económica que se centra en el efecto de las variables económicas de la empresa dado que fue respaldada por la garantía crediticia y obtuvo ya sea un volumen más alto de crédito o hubo mejora en las condiciones del mismo (Molina, Pombo, & Ramírez, 2017).

financiero, ya que pueden ser consideradas como un elemento estructural de los sistemas financieros (OECD, 2013; Caselli et al., 2021).

Para ello se realizó una revisión de la literatura que dan cuenta del efecto que se produce al implementar este tipo de programas en medio de una crisis económica o la exposición que se genera por riesgo crediticio. Una primera investigación se ha centrado en el análisis del SGC chileno realizado por Cowan et al. (2009) donde se estudió 100.000 operaciones de crédito registradas durante los años 2003-2006 y encontró que un aumento de la disponibilidad del seguro (la garantía) no afectaba la probabilidad de impago de los préstamos al cabo de un año, pero sí al cabo de dos años siendo un aumento significativo. Un aumento del 100% de la disponibilidad del seguro genera un aumento del 1,7% en tasa media de impago de los nuevos préstamos al cabo de dos años con un nivel de significancia del 5%. Durante el primer año no hay diferencia significativa en la tasa de impago de los préstamos asegurados en comparación con la tasa de impago de los no asegurados. Los que sí se tienden a incumplir son los préstamos grandes. Se encontró también que el préstamo no asegurado cuando representa más del 90% del préstamo total, la tasa de impago de este préstamo es un 2,4% superior a la tasa de impago del préstamo asegurado. Mientras que cuando los préstamos asegurados representan más del 90% del total del préstamo, la tasa de impago es un 1,8% mayor para el préstamo asegurado. Se observa un efecto similar, pero más leve cuando el préstamo asegurado/no asegurado representa entre el 80% y el 90% del crédito total. La diferencia de la tasa de impago después de dos años demuestra que cuando el préstamo asegurado representa menos del 20% del préstamo total, su tasa de impago ya es superior a la de los préstamos no asegurados en un 3,8%, cuando el préstamo asegurado representa entre el 20% y el 40% del préstamo total la diferencia es positiva, pero no significativa y cuando el préstamo asegurado representa más del 40% del total del préstamo, su tasa de impago es más de un 6% superior a la tasa de impago de los préstamos no asegurados. En conclusión, los resultados de este trabajo muestran que las garantías parciales de crédito han sido eficaces para aumentar el número de préstamos y la capacidad de crédito de los pequeños y medianos empresarios en Chile. Sin embargo, las garantías parciales de crédito también presentan grandes costos. La tasa de impago de un crédito garantizado puede ser hasta un 8% superior a la tasa de impago de un crédito similar no garantizado. Se encontró también que la principal razón de la mayor tasa de impago de los préstamos asegurados se debe a los desajustes

en los incentivos de los bancos para supervisar a sus clientes asegurados. Se mostró que los clientes con préstamos asegurados y no asegurados en los mismos bancos tienen una mayor tasa de impago en sus préstamos asegurados en comparación con su tasa de impago en los préstamos no asegurados.

Otro trabajo que ha analizado el impacto de los SGC en la probabilidad de impago es el realizado por Caselli et al. (2021) que analiza el SGC de Italia. En Italia el SGC representa el 2,03% del PIB, % más alto de Europa (European Investment Fund, 2019). Su análisis argumenta que cuando los presupuestos públicos se reducen, es esencial que los SGC públicos gestionen cuidadosamente el proceso de concesión de garantías empleando modelos de puntuación robustos y supervisando la actividad de los intermediarios financieros implicados para reducir la probabilidad de impago de los préstamos garantizados y, en consecuencia, reducir el gasto público. En Italia existen dos modalidades de garantías como el sistema de garantía crediticia público y la contragarantía ofrecida por privados, los datos analizados se centran en los años del 2007 al 2009 con 14.917 observaciones de préstamos, filtrando si el préstamo fue solicitado a la contragarantía o al Banco y si está en mora o no, las garantías pueden llegar a cubrir hasta un 80% de los préstamos. La metodología empleada fue el modelo de riesgos proporcionales Cox (1972) que permite explorar la relación entre la supervivencia del préstamo y varias variables explicativas. Esta forma de análisis permite estimar el peligro (riesgo) de impago de una empresa en función de sus características específicas. Los resultados encontraron que cuando se recurre a la contragarantía es por préstamos de menor cuantía y vencimientos más cortos. A pesar de que las empresas avaladas por los bancos presentan, por término medio, unas características financieras más sólidas, sus préstamos conllevan un mayor riesgo de quiebra, es por ello que la tasa de impago es mayor en los préstamos con garantía directa que los de contragarantía. Los préstamos con impago tienen vencimientos más largos. Las microempresas tienen más probabilidad de impago asociado a una menor rentabilidad, menor solvencia e ingresos inferiores a activos. Los préstamos a las microempresas aumentan el riesgo de impago en un 7,08% más que a las medianas empresas y en el caso de las pequeñas solo un 2,48%. También que el aumento de la tasa de impago está relacionada a las empresas con peores condiciones económicas y financieras. Un mayor monto con una mayor duración ocasiona una mayor probabilidad de impago. Cuanto más largo el vencimiento y menor el tamaño del préstamo, mayor será la



duración de la supervivencia del mismo. Un aumento de un mes en el vencimiento del préstamo disminuye el riesgo de quiebra de un préstamo en un 0,99%. Por otra parte, se encontró que la edad de la empresa es clave, entre más joven la empresa mayor es el riesgo de impago.

Un estudio realizado por Naciones Unidas para el desarrollo industrial, Anke Green (2003) analiza los sistemas de garantías crediticias y como afectan el crecimiento del sector privado. Los resultados que encontró respecto a la distribución del riesgo fueron: En los sistemas de garantías, las coberturas deben ser lo suficientemente altas para inducir a los bancos a participar en el sistema, no obstante, no debe eliminar el riesgo por completo, ya que la asunción de riesgos es una característica inherente a las operaciones de los bancos comerciales, sí como un requisito previo para la evaluación diligente de los préstamos y, por tanto, para la viabilidad del sistema. El autor encontró que tasa de cobertura del 100% o ligeramente inferiores conducen a riesgo moral y a tasas de impago elevadas como es el caso del sistema de garantías Lituano donde se ofrecieron coberturas del 100% para préstamos destinados a financiar la compra de tractores y equipos agrícolas, y exigían que los bienes se pignorasen directamente al sistema, el resultado fue que en tres años “se habían convertido en la principal estación de máquinas y tractores de Lituania”, consecuencia de un mal manejo de los préstamos. En 1993 Canadá tuvo una situación parecida donde las coberturas fueron del 85% al 90% lo que desencadenó un aumento acelerado de las tasas de impago, donde los prestamistas tuvieron el incentivo de otorgar préstamos con mayor riesgo de impago. Esto muestra que una cobertura de garantía elevada aumentará la disposición de los bancos a participar en el sistema, sin embargo, una cobertura inferior al 50% elimina el riesgo moral, pero no incentiva a los bancos a participar, ya que los costes asociados a la administración del préstamo seguirían siendo elevados. Según lo indica el autor la experiencia ha demostrado que es aconsejable una cobertura del 60-80% incentivando al prestamista a evaluar adecuadamente el riesgo de los préstamos y no lo disuade de participar en el sistema.

Otro estudio realizado en Eslovaquia analiza las tasas de impago de los préstamos otorgados a las pymes, los autores Fidrmuc & Hainz (2010) estudiaron los préstamos otorgados de 2000 al 2005 donde el volumen de créditos había crecido en promedio un 1,7% entre 2001 y 2005. Emplearon un modelo probit para los impagos de préstamos de las pymes. Observaron que durante el periodo de enero de 2002 a junio de 2003 las tasas

de impago fueron ligeramente superiores y que este comportamiento tiene relación directa con el ciclo económico del país. De todo el periodo estudiado, solo el 6% de las pymes incumplieron en sus préstamos y que la influencia de los préstamos bancarios en la probabilidad de impago de Eslovaquia es ligeramente mayor a lo observado en otros países industrializados como Suecia y Estados Unidos. Los factores de impago (alto endeudamiento, baja rentabilidad y liquidez) son muy similares al de los mercados financieros de países desarrollados, por lo tanto, estos factores se pueden emplear para evaluar los riesgos potenciales de los créditos pendientes tanto en Eslovaquia como en otros países.

### **2.3 Contexto colombiano**

En particular para Colombia, el impacto de la pandemia desencadenó una de sus peores caídas de los últimos años, presentando una contracción de la actividad económica del 15,7%, siendo abril de 2020 el mes con peor desempeño con una variación del -20,1% anual. Sectores de la economía como son actividades artísticas, de entretenimiento y recreación, comercio al por mayor y al por menor y construcción cuya participación dentro del PIB de 2019 fue de 2,4%, 17,3% y 6,4%, respectivamente, fueron los más afectados con caídas del 37,1%, 34,3% y 31,7%. Mientras que los únicos sectores que tuvieron crecimiento positivo fueron las actividades inmobiliarias con un 2%, actividades financieras y de seguros con un 1% y la agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca con un 0,1%, sectores que representaron en 2019 un 9%, 4,7% y 6,3% del PIB. Además, el desempleo llegó a un máximo histórico en mayo con un 21,4%, diez nueve puntos por encima que el año anterior (UMAC, 2020).

Las políticas que ha tomado el gobierno para amortiguar los efectos de la crisis de la pandemia han sido: por el lado del Banco de la República se realizaron recortes progresivos de las tasas de interés de referencia pasando de 4,25% a 1,75%. A su vez, ha asumido la compra a los tenedores de los bonos soberanos (TES) con el fin de otorgar liquidez al sistema financiero. Por el lado del gobierno nacional se ha implementado políticas fiscales expansivas presupuestadas en diferentes partidas de endeudamiento público, se creó el Fondo de Mitigación de Emergencias (FOME), para atender los gastos inmediatos en el sector de la salud junto con el Fondo de Ahorro y Estabilización (FAE) y el Fondo Nacional de Pensiones de las Entidades Territoriales (FONPET). También, se extendieron las

moratorias temporales de préstamos e impuestos, se generó el “Día sin IVA” y se implementaron subsidios solidarios a más de 3 millones de hogares. También el gobierno ha capitalizado el Fondo Nacional de Garantías (FNG) con la creación del programa “Unidos por Colombia” cuyo objetivo es dinamizar los créditos desde el sector financiero hacia las MiPymes (Nieto, 2020).

### **2.3.1 El FNG y la política “Unidos por Colombia”**

### **2.3.2 ¿Qué es el Fondo Nacional de Garantías?**

El Fondo Nacional de Garantías (FNG) es una entidad de carácter mixto de orden nacional que junto al Gobierno Nacional ayuda a que tanto trabajadores independientes como micro, pequeñas, medianas, grandes empresas y hogares colombianos accedan a créditos por medio de la adjudicación de unas garantías. Esta entidad tiene por misión facilitar el acceso a la financiación a las unidades económicas colombianas, mediante el otorgamiento de garantías con énfasis en las MiPymes cuyo objeto es obrar de manera principal, pero no exclusiva como fiador o bajo cualquier otra forma de garante de toda clase de operaciones activas de las instituciones financieras.

### **2.3.3 Historia del Fondo Nacional de Garantías**

El FNG fue creado mediante el Decreto 3788 del 29 de diciembre de 1981 y fue vinculado al entonces Ministerio de Desarrollo Económico. En su concepción, su foco estaba en el sector manufacturero, de ahí que al principio recibiera aportes directamente de instituciones como el Instituto de Fomento Industrial (IFI), la Corporación Financiera de Desarrollo y las diferentes seccionales de la Asociación Colombiana de Medianas y Pequeñas Industrias (Acopi). Durante la década de los 90 se generaron múltiples cambios en la estructura de la entidad. Si bien esta se expandió a respaldar otros sectores económicos, el mayor cambio que sufrió se enfocó en una reestructuración administrativa donde se abrieron y se otorgaron nuevos cargos en el ya establecido esquema administrativo, con el fin de darle una mayor fuerza a la entidad. Ya para el periodo comprendido del 2000 hasta actualidad, al tiempo que tuvo que afrontar diferentes crisis económicas tanto mundiales como nacionales, también fue el periodo donde se logró generar la consolidación total de la institución. Por una parte, la entidad se robusteció de nuevos clientes bancarios que gracias a una mayor capitalización de la entidad hizo atractivo ser parte de este sistema de garantías crediticias.

Por otra parte, se invirtió en recursos técnicos, logísticos y operativos, mucho más sólidos, a su vez se unificaron las condiciones para operar las garantías entre las entidades financieras y se establecieron las garantías a ofrecer junto con la creación de nuevos productos (microcrédito, leasing), finalmente, se consolidó la operación de la entidad bajo la normativa establecida por la Superintendencia Financiera de Colombia.

### **2.3.4 Constitución del Fondo Nacional de Garantías**

Al ser una entidad de naturaleza mixta, la junta directiva está conformada por funcionarios del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Bancóldex, Grupo Bicentenario y Findeter. Conjuntamente, los accionistas principales del fondo son Grupo Bicentenario<sup>3</sup>, Bancóldex<sup>4</sup>, Findeter y otros, con una participación del 90,784%, 7,301%, 1,915% y 0,001%, respectivamente.

### **2.3.5 ¿Cómo acceder al sistema de garantías crediticias?**

De manera general, para acceder al sistema de garantías es necesario cumplir los siguientes requisitos: ser una empresa micro, pequeña, mediana y gran Empresa; el beneficiario será una persona natural o jurídica sin importar a qué sector de la economía pertenezca. Una vez cumpla con estos requisitos, el empresario deberá acudir a cualquier intermediario financiero<sup>5</sup> y solicitar un crédito (no hay monto mínimo), luego el intermediario

---

<sup>3</sup> Miembros – Entidades financieras: Banco Agrario, Arco, FNA, Icetex, FDN, Findeter, Enterritorio, Bancóldex, Finagro. Aseguradoras: Previsora, Positiva, Segurexpo. Fiduciarias: Fiduprevisora, Fiduagraria, Fiducoldex.

<sup>4</sup> Tanto Bancóldex como Findeter son bancos de segundo piso, es decir, son entidades financieras que no cuentan con oficinas directas para la atención del público y que canalizan sus recursos económicos a través de entidades financieras de primer piso (bancos, cooperativas, fondos, etc.). Están alineados con las políticas económicas del Estado y manejan recursos públicos y privados. Su principal función es impulsar y apoyar los sectores productivos con el objetivo de fomentar el desarrollo. En Colombia podemos mencionar entre los bancos de segundo piso a Finagro, Findeter y Bancóldex. Fuente: [shorturl.at/iACDP](http://shorturl.at/iACDP)

<sup>5</sup> Bancos: Arco Grupo Bancóldex S.A, Bancamia S.A, Banco Agrario, Banco AV Villas, Banco Caja Social, Banco Compartir, Banco Coopcentral, Banco Credifinanciera, Banco Davivienda, Banco de Bogotá, Banco de Occidente, Banco Falabella, Banco Finandina, Banco GNB Sudameris, Banco Mundo Mujer S.A, Banco Pichincha, Banco Popular, Banco Santander, Banco Serfinanza, Banco W S.A, Bancóldex, Bancolombia, Bancoomeva, BBVA, FNA, ITAÚ, Scotiabank Colpatria S.A. Cajas de compensación: Comfama. Compañía de Financiamiento: Dann Regional, Coltefinanciera, Credifamilia, Crezcamos, Giros y Finanzas, GM Financial Colombia Tuya S.A. Cooperativa: Cobelen, Cofinal, Cofincafe, Comedal, Comerciacoop, Confiamos Colombia SAS, Confiar Cooperativa Financiera, Coomuldesa, Coopedac, Cooperativa Financiera de Antioquia, Coopmiempresa, Coopservivelez, Coprocenva Cooperativa de Ahorro y Crédito, Crearcoop, Financiera Comultrasan,

financiero se encargará de realizar el estudio técnico y financiero de la solicitud de crédito. Una vez aprobado el crédito se genera la solicitud de garantía frente al FNG (el fondo no se encarga de realizar evaluación del riesgo) y finalmente, se desembolsa el dinero. En todo el proceso, cabe aclarar, que el FNG no realiza ningún tipo de interacción con el solicitante del crédito. En casos normales, el monto máximo que puede garantizar el FNG será de cuatro mil millones de pesos (\$4.000 Millones) en caso de ser MiPymes.

### **2.3.6 Política “Unidos por Colombia”**

Dada la coyuntura económica ocasionada por la pandemia del covid-19 para el Gobierno Nacional fue indispensable la implementación de diferentes políticas económicas para estimular la economía de tal manera que se genere una reactivación de los diferentes sectores económicos afectados por esta crisis. De esta manera una de las políticas generadas fue el programa especial de garantías crediticias “Unidos por Colombia” la cual pretende generar un estímulo a las empresas MiPymes, Grandes Empresas, Trabajadores Independientes para que puedan operar y resistir a la crisis económica provocada por el covid-19.

Con este programa las empresas acceden al financiamiento para contrarrestar la falta de ingresos, los costos y demás necesidades para poder seguir operando bajo las condiciones actuales, también cabe aclarar que este tipo de garantías cubren aquellos créditos que antes de la pandemia estaban ya garantizados.

A la luz de este programa y para efectos prácticos, este estudio se enfocará en la sección del programa que va destinado a capital de trabajo e inversión a mediana, pequeñas y microempresas como se muestra en la Tabla 1 Capital e inversión programa "Unidos por Colombia".

---

Fincomercio, Unimos. Fintech: ABL Capital SAS, Aflora SAS, Alpha Capital, Bankamoda SAS, Bolsa de Valores de Colombia SA, Finaktiva, Finsocial, Mesfix, Referencia SAS, Semplici, Soluciones tu Progreso, Zinobe SAS. Fundación: Fundación Amanecer, Fundación Coomeva, Fundación de la Mujer Colombia SAS, Fundación Mario Santo Domingo. Microfinanciera: Contactar, Corporación Acción por el Quindío, Finamiga, Finanfutura, Inklusiva, Interactuar, Micrédito, Microcrédito Aval, Microempresas de Colombia AC. Otros: Finamco, Financap SAS, Finesa, Fintra SA, Grupo R5 Limitada, Liquitech SAS, Rentek SAS.

Tabla 1 Capital e inversión programa "Unidos por Colombia"

 **Capital de Trabajo e Inversión**

Características	Medianas al 80%	Pequeñas al 90%	Microempresas al 90%	Liquidez Facturas al 90% Micro y Pequeñas Empresas	Liquidez Facturas al 80% Medianas Empresas
Código del Producto	EMP201	EMP223	EMP219	EMP208	EMP209
Monto del Programa	\$ 6.300.000 millones	\$ 2.250.000 millones	\$ 1.325.000 millones	\$ 50.000.000.000	\$ 75.000.000.000
Tamaño Empresarial del Deudor	Medianas Empresas	Micro y Pequeñas Empresas	Microempresas	Micro y Pequeñas Empresas	Medianas Empresas
¿Permite Sector Agropecuario?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Monto Máximo de Crédito	\$ 4.400 millones	\$ 4.400 millones	\$ 46 SMMLV	\$ 4.400.000.000	\$ 4.400.000.000
Cobertura de la Garantía	80%	90%	90%	90%	80%
Plazo Mínimo	12 meses	12 meses	12 meses	15 días	15 días
Plazo Máximo	60 meses	60 meses	36 meses	180 días	180 días
Periodo de Gracia Mínimo a Capital	4 meses	Convenido entre el IF y el Deudor	Convenido entre el IF y el Deudor		
Subsidio de Comisión	75%	75%	75%	75%	75%
Comisión Anual Anticipada	1,97% A.A	2,82% A.A	3,40% A.A	1,51% S.A.	1,33% S.A.
Tipo de Cartera	Comercial	Comercial y Microcrédito	Microcrédito	Comercial y Microcrédito	Comercial
Esquema de Reclamación	Con Recuperación	Con Recuperación	Sin Recuperación (Con recuperación para las mayores a 25 SMMLV)	Sin Recuperación (Con recuperación para las mayores a 25 SMMLV)	Con Recuperación
Monto Mínimo de Reclamación	1 SMMLV	1 SMMLV	1/4 SMMLV	1/4 SMMLV Descuento de facturas Gestión de Cuentas por pagar (facturas) a proveedores	1 SMMLV Descuento de facturas Gestión de Cuentas por pagar (facturas) a proveedores

Fuente: FNG (2021).

La Tabla 2 Lista de sectores económicos a los que acoge el programa “Unidos por Colombia” muestra la lista de sectores de la economía a los que abarca la política “Unidos por Colombia”.

Tabla 2 Lista de sectores económicos a los que acoge el programa “Unidos por Colombia”

CIU	Descripción
1430	Fabricación de artículos de punto y ganchillo
1511	Curtido y recurtido de cueros; recurtido y teñido de pieles.
1512	Fabricación de artículos de viaje, bolsos de mano y artículos similares elaborados en cuero, y fabricación de artículos de talabartería y guarnicionería.
1513	Fabricación de artículos de viaje, bolsos de mano y artículos similares; artículos de talabartería y guarnicionería elaborados en otros materiales
1521	Fabricación de calzado de cuero y piel, con cualquier tipo de suela
1522	Fabricación de otros tipos de calzado, excepto calzado de cuero y piel
1523	Fabricación de partes del calzado
1620	Fabricación de hojas de madera para enchapado; fabricación de tableros contrachapados, tableros laminados, tableros de partículas y otros tableros y paneles
1630	Fabricación de partes y piezas de madera, de carpintería y ebanistería para la construcción
1910	Fabricación de productos de hornos de coque
2300	Recolección de productos forestales diferentes a la madera
2391	Fabricación de productos refractarios
2392	Fabricación de materiales de arcilla para la construcción
2393	Fabricación de otros productos de cerámica y porcelana
2394	Fabricación de cemento, cal y yeso
2395	Fabricación de artículos de hormigón, cemento y yeso
2396	Corte, tallado y acabado de la piedra
2421	Industrias básicas de metales preciosos
2429	Industrias básicas de otros metales no ferrosos
2652	Fabricación de relojes

CIU	Descripción
2670	Fabricación de instrumentos ópticos y equipo fotográfico
2910	Fabricación de vehículos automotores y sus motores
2930	Fabricación de partes, piezas (autopartes) y accesorios (lujos) para vehículos automotores
3091	Fabricación de motocicletas
3092	Fabricación de bicicletas y de sillas de ruedas para personas con discapacidad
3099	Fabricación de otros tipos de equipo de transporte n.c.p.
3210	Fabricación de joyas, bisutería y artículos conexos
3220	Fabricación de instrumentos musicales
4541	Comercio de motocicletas y de sus partes, piezas y accesorios
4542	Mantenimiento y reparación de motocicletas y de sus partes y piezas
4789	Comercio al por menor de otros productos en puestos de venta móviles
5111	Transporte aéreo nacional de pasajeros
5112	Transporte aéreo internacional de pasajeros
5223	Actividades de aeropuertos, servicios de navegación aérea y demás actividades conexas al transporte aéreo
5511	Alojamiento en hoteles
5512	Alojamiento en aparta-hoteles
5513	Alojamiento en centros vacacionales
5514	Alojamiento rural
5519	Otros tipos de alojamientos para visitantes
5530	Servicio por horas
5611	Expendio a la mesa de comidas preparadas
5612	Expendio por autoservicio de comidas preparadas
5613	Expendio de comidas preparadas en cafeterías

CIU	Descripción
5619	Otros tipos de expendio de comidas preparadas n.c.p.
5630	Expendio de bebidas alcohólicas para el consumo dentro del establecimiento
5911	Actividades de producción de películas cinematográficas, videos, programas, anuncios y comerciales de televisión
5912	Actividades de postproducción de películas cinematográficas, videos, programas, anuncios y comerciales de televisión
5913	Actividades de distribución de películas cinematográficas, videos, programas, anuncios y comerciales de televisión
5914	Actividades de exhibición de películas cinematográficas y videos
6615	Actividades de los profesionales de compra y venta de divisas
7290	Extracción de otros minerales metalíferos no ferrosos n.c.p.
7722	Alquiler de videos y discos
7911	Actividades de las agencias de viaje
7912	Actividades de operadores turísticos
8200	Extracción de esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas
8230	Organización de convenciones y eventos comerciales
8542	Educación tecnológica
8552	Enseñanza deportiva y recreativa
8610	Actividades de hospitales y clínicas, con internación
8621	Actividades de la práctica médica, sin internación
8622	Actividades de la práctica odontológica
8691	Actividades de apoyo diagnóstico
8692	Actividades de apoyo terapéutico
8699	Otras actividades de atención de la salud humana
8920	Extracción de halita (sal)
9003	Creación teatral
9006	Actividades teatrales
9007	Actividades de espectáculos musicales en vivo
9008	Otras actividades de espectáculos en vivo

CIU	Descripción
9102	Actividades y funcionamiento de museos, conservación de edificios y sitios históricos
9200	Actividades de juegos de azar y apuestas
9311	Gestión de instalaciones deportivas
9312	Actividades de clubes deportivos
9319	Otras actividades deportivas
9321	Actividades de parques de atracciones y parques temáticos
9329	Otras actividades recreativas y de esparcimiento n.c.p.
9491	Actividades de asociaciones religiosas
9602	Peluquería y otros tratamientos de belleza
9609	Otras actividades de servicios personales n.c.p.

Fuente: FNG (2021).

### 3 Modelos de riesgo crediticio

Como bien se mencionó en capítulo anterior, los sistemas de garantías crediticias es un tipo de política que tienen por objeto reactivar la economía. Donde su mecanismo de transmisión es el empuje mediante créditos a la oferta, en este caso las empresas, para que de esta manera se genere empleo, se solventen costos de operación y finalmente, las empresas se mantengan en el mercado en el largo plazo.

No obstante, hasta el momento no hay suficiente claridad sobre los riesgos que implica implementar este tipo de políticas en una economía emergente, como la colombiana, y en medio de una crisis cuyo factor de impacto es exógeno, por lo tanto, resulta necesario darle profundidad a este tipo de políticas, analizar sus implicaciones bajo este contexto y determinar el nivel de exposición al riesgo al que se enfrenta una economía como la colombiana.

Para llevar a cabo este análisis se tomará como punto de partida la ejecución de un modelo de riesgo, el cual determinará el riesgo de impago por parte de las empresas al otorgarse un préstamo garantizado. Este tipo de riesgo es denominado riesgo crediticio el cual la literatura define como:

- Es el riesgo de una pérdida que surja del incumplimiento de una contraparte sobre sus obligaciones contractuales. Esto incluye tanto el riesgo de incumplimiento (el riesgo de generar pérdidas debido al incumplimiento de un prestatario o un socio comercial) como el riesgo de rebaja (el riesgo de generar pérdidas causadas por un deterioro en la calidad crediticia de una contraparte que se traduce en una rebaja o baja en algún sistema de calificación). (McNeil, Frey, & Embrechts, 2015, pág. 366)
- Según lo estipulado en la Circular Externa 032 de 2014 de la Superintendencia Financiera de Colombia, el riesgo crediticio se define como la posibilidad de que una entidad incurra en pérdida y se disminuya el valor de sus activos, como consecuencia de que un deudor o contraparte incumpla sus obligaciones. (Superintendencia Financiera de Colombia, 2014, pág. 3)
- Sandstrom (2011) recopila múltiples definiciones de riesgo crediticio.
  - El tomado de IAIS (2014) lo define como el riesgo de pérdida financiera resultante del incumplimiento o de la variación de la calidad crediticia de los



emisores de valores (en la cartera de inversiones de la empresa), de los deudores (por ejemplo, los deudores hipotecarios) o de las contrapartes (por ejemplo, en los contratos de reaseguro, en los contratos de derivados o en los depósitos concedidos) y los intermediarios, con los que la empresa tiene alguna exposición.

- El segundo de Gielens (2014) que describe el riesgo crediticio como “El riesgo de crédito que capta el riesgo de una pérdida financiera en la que puede incurrir una institución cuando presta dinero a otra institución o empresa. Esta pérdida se materializa siempre que el prestatario no cumple con todas sus obligaciones especificadas en su contrato de préstamo. Además, el riesgo de crédito desempeña un papel importante en la fijación del precio de los activos financieros y, por tanto, influye en el tipo de interés que los prestatarios tienen que pagar por sus préstamos.”

A su vez, Sandstrom (2011) resalta que existen dos determinantes principales del riesgo de crédito, el primero es la probabilidad de impago (PD), es decir, la probabilidad de que el deudor no pague y, en segundo lugar, la pérdida en caso de impago (LGD) que por lo general suele ser menor que el importe del préstamo. La PD suele estar determinada por aspectos estructurales específicos de la empresa, el sector al que pertenece el prestatario y el entorno económico general. (Sandstrom, 2011, págs. 269-270)

### **3.1 Modelos de riesgo crediticio**

Para este análisis se investigaron diferentes modelos de riesgo crediticio tanto de literatura académica como de tipo investigativa.

### 3.1.1 Modelos literatura<sup>6</sup>

#### 3.1.1.1 Merton and Vasicek Models<sup>7</sup>

Este modelo relaciona el riesgo crediticio con la estructura de capital de la empresa. Allí se supone que la empresa ha emitido dos clases de valores, patrimonio y deuda. El modelo establece que la contraparte incumple por no poder cumplir con sus obligaciones, ya que el valor de sus activos es menor que su monto adeudado.

#### 3.1.1.2 Moody's KMV Model

Este modelo relaciona la frecuencia de incumpliendo. El punto de incumplimiento se establece en el valor nominal de los pasivos corrientes, incluida la deuda a corto plazo (en el horizonte temporal) más la mitad de la deuda a largo plazo.

#### 3.1.1.3 CreditRisk+ Model

Este modelo solo tiene en cuenta dos estados de la contraparte, incumplimiento o no incumplimiento. Se supone que los valores por defecto de las contrapartes individuales son valores distribuidos de Bernoulli de forma independiente.

#### 3.1.1.4 The Cox model<sup>8</sup>

El modelo de Cox se expresa mediante la función de riesgo, denominada  $h(t)$ . La función de riesgo, que puede interpretarse como el riesgo de morir (por *default* o incumplimiento) en el momento  $t$ , se modela de la siguiente manera:

$$h(t) = h_0(t) \exp \left( \delta_i + \sum_{k=1}^K \alpha_k X_{kij-1} + \sum_{k=1}^K \alpha_k S_{ki} + Z_{kj} + J_{ik} + W_{kij} + \varepsilon_i \right)$$

$$INTERMEDIARY_{it} = 1(\mathbb{X}_{ij} + W_i + S_{ij} + J_i + Z_i + R'_{itj}\gamma + \eta_i + u_{itj} > 0)$$

---

<sup>6</sup> (Sandstrom, 2011, págs. 273-281)

<sup>7</sup> Para profundizar en la metodología de cada uno de los modelos de riesgo crediticio de que se nombran dirigirse al anexo 1.

<sup>8</sup> (Caselli, Corbetta, Cucinelli, & Rossolini, 2021)

donde  $t$  representa el tiempo de supervivencia;  $h(t)$  es la función de riesgo determinada por un conjunto de  $k$  covariables (incluidas en los vectores  $X_k, S_k, J_k$  y  $W_k$ ) y los coeficientes ( $\alpha_k$ ) que miden el impacto de las covariables en el tiempo de supervivencia;  $i$  representa a cada empresa; y  $j$  es la variante temporal. La cantidad  $h_0(t)$  es la línea de base o función de riesgo subyacente, que corresponde a la probabilidad de llegar al evento (impago del préstamo) cuando todas las variables explicativas son cero. Además, dado el caso de estudio de Italia,  $\delta_i$  representa el tipo de intermediario que solicita la garantía del (INTERMEDIARIO), que es igual a 1 para los bancos y a 0 para los contragarantes.

Por lo tanto, el primer vector  $X_k$  contiene a las variables ROA (la rentabilidad de los activos como una medida de la rentabilidad de la empresa), LEVERAGE (es el apalancamiento medido como la relación entre los activos totales y los fondos propios), REVENUES\_TA (el ratio de rotación de activos que es un indicador de la eficiencia con la que una empresa utiliza sus activos para generar ingresos), entre otras. El segundo vector  $S_k$  se incluyen variables de tamaño del préstamo y el vencimiento del préstamo.

### 3.1.2 Modelos lineales generalizados<sup>9</sup>

Los modelos lineales generalizados son una extensión de los modelos lineales clásicos. Un vector de observaciones  $y$  que tiene  $n$  componentes es una realización de una variable aleatoria  $Y$  cuyos componentes son idénticamente distribuidos con media  $\mu$ . La parte sistemática del modelo es una especificación para el vector  $\mu$  en términos de un pequeño número de parámetros desconocidos ( $\beta_1, \dots, \beta_p$ ).

$$\mu = \sum_{j=1}^p x_j \beta_j$$

Donde  $\beta$ s son parámetros cuyos valores son usualmente desconocidos y debe estimarse a partir de los datos. Si se indexan las observaciones  $i$  luego la parte sistemática del modelo podría ser escrito de la siguiente forma

---

<sup>9</sup> (McCullagh & Nelder, págs. 21-33,98-111)

$$E(Y_i) = \mu_i = \sum_1^p x_{ij}\beta_j; \quad i = 1, \dots, n$$

Donde  $x_{ij}$  es el valor de los  $j$ th covariables para la observación  $i$ . En la notación matricial (donde  $\mu$  es  $n \times 1$ ,  $X$  es  $n \times p$  y  $\beta$   $p \times 1$ ) se puede escribir como

$$\mu = X\beta$$

Donde  $X$  es la matriz del modelo y  $\beta$  es el vector de parámetros. Esto completa la especificación de la parte sistemática del modelo. Para la parte aleatoria se supone independencia y variabilidad constante de los errores. Estas suposiciones son fuertes y deben comprobarse, en la medida de lo posible, a partir de los propios datos. La parte sistemática supone que se conocen las covariables que influyen en la media y se pueden medir eficazmente sin error, suposición que debe comprobarse. Otra especificación del modelo es la suposición de que los errores sigue una distribución normal con varianza constante  $\sigma^2$ . En resumen, el modelo lineal clásico tiene la forma:

- Los componentes de  $Y$  son variables normales independientes con varianza constante  $\sigma^2$  y

$$E(Y) = \mu \text{ donde } \mu = X\beta$$

Para simplificar la transición a los modelos lineales generalizados, se parte de la ecuación anterior, reordenándola para producir la siguiente especificación en tres partes:

1. El componente aleatorio: los componentes de  $Y$  tienen distribuciones Normales con  $E(Y) = \mu$  y una varianza constante  $\sigma^2$ .
2. El componente sistemático: covariables  $x_1, \dots, x_p$  producen un predictor lineal  $\eta$  dado por

$$\eta = \sum_{j=1}^p x_j\beta_j$$

3. La función enlace entre el componente aleatorio y sistemático

$$\mu = \eta$$

Esta generalización introduce un nuevo símbolo  $\eta$  para el predictor lineal y el tercer componente especifica entonces que  $\mu$  y  $\eta$  son de hecho idénticos, si se escribe así

$$\eta_i = g(\mu_i)$$

Donde  $g(\cdot)$  se llamará función de enlace. Los modelos lineales clásicos tienen una distribución Normal en el componente 1 y la función de identidad para el enlace en el componente 3. Los modelos lineales generalizados permiten dos extensiones: en primer lugar, la distribución en el componente 1 puede podrecer de una familia exponencial distinta a la Normal y, en segundo lugar, la función de enlace en el componente 3 puede ser cualquier función diferenciable monótona.

Examinando la hipótesis de distribución ampliada, se supone que cada componente  $Y$  tiene una distribución de la familia exponencial de la forma

$$f_Y(y; \theta, \phi) = \exp\left\{\left(y^\theta - b(\theta)\right)/a(\phi) + c(y, \phi)\right\} \quad (1)$$

Para algunas funciones específicas  $a(\cdot)$ ,  $b(\cdot)$  y  $c(\cdot)$ . Si  $\phi$  es conocido, se trata de un modelo de familia exponencial con parámetro canónico  $\theta$ . Puede ser o no una familia de parámetros si  $\phi$  es desconocido. Para este caso de estudio partiendo de la formula anterior la distribución será la binomial por lo que algunas características de esta son:

	Notación	Rango de y	Dispersión del parámetro $\phi$	Función cumulante: $b(\theta)$	$c(y; \phi)$	$\mu(\theta) = E(Y; \phi)$	Enlace canónico: $\theta(\mu)$	Función varianza: $V(\mu)$
Binomial	$B(m, \pi) / m$	$\frac{0(1)m}{m}$	$\frac{1}{m}$	$\log(1 + e^\theta)$	$\log\left(\frac{m}{my}\right)$	$\frac{e^\theta}{1 + e^\theta}$	logit	$\mu(1 - \mu)$

El parámetro de media es  $\pi$ .

La función de enlace relaciona el predictor lineal  $\eta$  con el valor esperado  $\mu$  de un dato  $y$ . Para la distribución binomial se tiene que  $0 < \mu < 1$  y un enlace debe satisfacer la condición que mapea el intervalo (0,1) en toda la recta real. Esta distribución tiene una función de enlace especial para la que existe un estadístico suficiente de dimensión igual a  $\beta$  en el predictor lineal  $\eta = \sum x_j \beta_j$ . Estos enlaces canónicos, como se llaman, se producen cuando

$$\theta = \eta$$

Donde  $\theta$  es el parámetro canónico definido en (1), el enlace canónico de la distribución binomial es

$$\text{binomial } \eta = \log\left\{\frac{\pi}{(1 - \pi)}\right\}$$

Para el enlace canónico, la estadística suficiente es  $X^T Y$  en notación vectorial, con componentes

$$\sum_i x_{ij} Y_i, \quad j = 1, \dots, p$$

Dado que el caso de estudio es el riesgo de impago o crediticio de las empresas en el marco de la pandemia del covid-19, la ejecución de los modelos debe dar como respuesta la probabilidad de que estas entren en mora de sus obligaciones financieras, por lo tanto, la variable de respuesta como se mencionó es de tipo binaria. Bajo este escenario, suponga que, para cada individuo o unidad experimental, la respuesta,  $Y$ , puede tomar solamente dos posibles valores, denotados por conveniencia 0 y 1.  $Y=0$ ,  $Y=1$ , también se pueden obtener valores intermedios. Se puede escribir así:

$$pr(Y_i = 0) = 1 - \pi_i \quad pr(Y_i = 1) = \pi_i$$

Para las probabilidades de fracaso y éxito respectivamente.

En la mayoría de las investigaciones, a los experimentos se le asocia a cada uno un vector de covariables o variables explicativas  $(x_1, \dots, x_p)$ . Este vector comprende un número de variables indicadoras asociadas a los factores de bloqueo y tratamiento, ambos con información cuantitativa concerniente a varios aspectos del material experimental.

En estudios observacionales, el vector de covariables consta de variables de medidas que se cree que pueden influir en la probabilidad de una respuesta positiva. El principal objetivo de un análisis estadístico es investigar la relación entre la probabilidad de respuesta  $\pi = \pi(X)$  y las variables explicativas  $X = (x_1, \dots, x_p)$ .

Cuando los datos binarios son agrupados por clases de covariables, la respuesta tiene la forma  $y_1/m_1, \dots, y_n/m_n$ , cuando  $0 \leq y_i \leq m_i$  es el número de éxitos de los individuos  $m_i$  en la  $i$ th clase de covariable. El tamaño del vector de la clase covariables  $m = (m_1, \dots, m_p)$  se denomina el vector índice binomial o vector denominador binomial. En datos no agrupados, o datos listados por sujetos individuales, pueden ser considerados como un caso para el cual  $m_1 = \dots = m_n = 1$ .

### 3.1.2.1 Modelos para respuestas binarias

Para investigar la relación entre la probabilidad de respuesta  $\pi$  y el vector de covariables  $(x_1, \dots, x_p)$ . En la práctica, este modelo forma usualmente incorpora supuestos como correlación cero o independencia, falta de interacción o aditividad, linealidad, etc. Estos supuestos no pueden darse por hecho y deben ser comprobados. Además, el comportamiento del modelo debería, en la medida de lo posible, ser coherente con las características físicas, biológicas y leyes matemáticas, especialmente en su comportamiento limitado.

Los modelos lineales juegan un rol importante tanto en trabajos teóricos como aplicados. Se asume, por lo tanto, que la dependencia de  $\pi$  en  $(x_1, \dots, x_p)$  ocurre a través de la combinación lineal

$$\eta = \sum_{j=1}^p x_j \beta_j \quad (1)$$

Para coeficientes desconocidos  $(\beta_1, \dots, \beta_p)$ . A menos que haya restricciones impuestas en  $\beta$  se tiene que  $-\infty < \eta < \infty$ . Así, para expresar que  $\pi$  como una combinación lineal (1) sería consistente con las leyes de la probabilidad. Una manera simple y efectiva para evitar esta dificultad, es usar una transformación  $g(\pi)$  que mapea el intervalo unitario en toda la línea real  $(-\infty, \infty)$ . Este remedio conduce a instancias de modelos lineales generalizados en los que la parte sistemática es

$$g(\pi_i) = \eta_i = \sum_{j=1}^p x_{ij} \beta_j; i = 1, \dots, n$$

Hay una amplia elección de funciones enlace  $g(\pi)$ :

La función logit o logística

$$g_1(\pi) = \log \left\{ \frac{\pi}{1-\pi} \right\}$$

La función probit o Normal inversa

$$g_2(\pi) = \Phi^{-1}(\pi)$$

La función log-log complementaria

$$g_3(\pi) = \log \{-\log(1-\pi)\}$$

Las dos primeras funciones son simétricas en el sentido que

$$g_1(\pi) = g_1(1-\pi)$$

Las funciones son continuas e incrementan entre (0,1). La función logit y probit están relacionados casi linealmente a lo largo del intervalo  $0.1 \leq \pi \leq 0.9$ . Para valores pequeños de  $\pi$ , la función log-log complementaria es cercana a la función logit, ambas son cercanas a  $\log(\pi)$ . Cuando  $\pi$  tiende a 1, la función log-log complementaria tiende a infinito, mucho más lento que las funciones logit y probit.

Toda la teoría asintótica y aproximada presenta en este capítulo se aplica independientemente de la elección de la función enlace.

- Interpretación

A modo de interpretación solo se simplificará para la función logit. Si un modelo lineal logit ha usado dos covariables  $x_1$  y  $x_2$ , el modelo es

$$\log \left( \frac{\pi}{1-\pi} \right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2$$

Para las probabilidades logarítmicas de una respuesta positiva. Equivalentemente, el modelo puede ser escrito en términos de las probabilidades de una respuesta positiva, dado

$$\frac{\pi}{1-\pi} = \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2)$$

Finalmente, la probabilidad de una respuesta positiva es



$$\pi = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2)}$$

Esta es la función inversa de  $g_1(\pi)$ . Asumiendo que  $x_1$  y  $x_2$  no están funcionalmente relacionadas, así que el efecto de un cambio de una unidad en  $x_2$  es aumentar las probabilidades logarítmicas en una cantidad  $\beta_2$ . Equivalentemente, se puede decir que el cambio de una unidad de la probabilidad de una respuesta positiva multiplicada por el factor  $\exp(\beta_2)$ . Es importante aquí que  $x_1$  debe mantenerse fijo y no permitir que varíe como consecuencia del cambio en  $x_2$ .

Los enunciados correspondientes dados en la escala de probabilidad son más complicados porque el efecto sobre  $\pi$  de un cambio unitario en  $x_2$  depende de los valores de  $x_1$  y  $x_2$ . La derivada de  $\pi$  con respecto a  $x_2$

$$\frac{\partial \pi}{\partial x_2} = \pi(1 - \pi)\beta_2$$

Así que, pequeños cambios en  $x_2$  tiene grandes efectos, medido en la escala de probabilidad, si  $\pi$  está cerca a 0.5 que si está cerca 0 o 1. Se puede ver de la siguiente manera

$$\pi_1(\eta) = \exp(\eta) / \{1 + \exp(\eta)\}$$

$$\pi_2(\eta) = g_2^{-1}(\eta) = \phi(\eta)$$

$$\pi_3(\eta) = g_3^{-1}(\eta) = 1 - \exp(-e^\eta)$$

Todas las funciones definidas para  $-\infty < \eta < \infty$  e incrementa continuamente desde cero en  $-\infty$  a uno en  $\infty$ .

### **3.1.2.2 Validación del modelo**

Para comparar dos modelos de propensión, se propone el uso de la curva ROC<sup>10</sup>:

---

<sup>10</sup> (addactis, 2020, pág. 91)

- La variable de respuesta del GLM es una probabilidad entre 0 y 1.
- Para determinar si los valores estimados se corresponden con los observados (el siniestro es extremo/grande y el modelo lo ha predicho con éxito ...), se debe elegir un umbral entre 0 y 1.
- Para su construcción se tiene en cuenta las siguientes fórmulas:

$$1 - \text{Sensibilidad} = 1 - \frac{TP}{TP + FN}$$

$$\text{Especificidad} = \frac{TN}{TN + FP}$$

- En la construcción de las fórmulas anteriores, se tienen en cuenta que, si el valor estimado es mayor que el umbral, se decide es igual a 1, de lo contrario, igual a 0:

		Valor predicho	
		0	1
Valor observado	0	Verdadero Negativo (TN)	Falso Positivo (FP)
	1	Falso Negativo (FN)	Verdadero Positivo (TP)

### 3.2 Riesgo crediticio en contexto de crisis

Es así como, a través del modelo seleccionado que se adapte mejor al problema de investigación, se determinará el nivel de exposición al riesgo al que se enfrenta el gobierno nacional en dado caso que el impacto de los créditos no genere la respuesta esperada por el lado de la demanda y finalmente, se deba cumplir la cláusula financiera de la garantía crediticia. Y es precisamente que en este caso se deben tener en cuenta que al implementar este tipo de políticas el gobierno se está exponiendo a diferentes escenarios de incertidumbre donde si bien busca promover el acceso al crédito, la no reactivación mediante estas políticas puede desencadenar un impacto negativo al estado traducido en un deterioro de sus finanzas.

---

Por esta razón, al tener un impacto de tipo macroeconómico se debe tener en cuenta el entorno económico en el cual se desarrolla esta política tomando como preliminar la crisis desencadenada por el covid-19. Para ello se profundizó en este tema y se encontró evidencia que da cuenta de la importancia de las variables macroeconómicas al momento de una evaluación de riesgo crediticio como indicadores de posibles formaciones de crisis económicas/financieras por impago.

En el trabajo realizado por Myriam Urbina (2019), se realiza un estudio comparativo donde se encuentra evidencia que respalda que eventos de crisis como la asiática y la subprime 2008-2009, con shocks del macro y microentorno; inciden significativamente en la calidad de cartera de crédito. Con esta premisa estudia los determinantes del riesgo de crédito centrando en el sistema bancario de Ecuador. En este estudio abarca desde el periodo del 2000 al 2018, periodo que incluye la crisis bancaria ecuatoriana de 2000-2001 y la crisis global de 2008-2009. Para ello realiza previamente una revisión de la literatura sobre la relación entre diferentes factores determinantes de riesgo crediticio, ya sea de corte institucional (por ejemplo, rentabilidad, solvencia y liquidez de la institución financiera) o de corte macroeconómico (PIB, desempleo, entre otras).

Bajo esta revisión, aplica su modelo expresado de la siguiente forma:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 X_{1it} + e_{it}$$

$$\alpha_j = \alpha + u_i$$

Donde  $X_{1it}$  representa al conjunto de variables explicativas del modelo, es decir, las variables independientes. En este caso el modelo sería:

$$RCr_{i,t} = \alpha + \sum_{j=1}^J \beta_j Banco_{i,t}^j + \sum_{k=1}^K \beta_k Macro_{i,t}^k + u_i + e_{i,t}$$

Donde cada término es,

$RCr_{i,t}$  Variable proxy del riesgo de crédito bancario para cada institución bancaria en cada año.

$\alpha$  es el término constante del modelo.

$Banco_{i,t}^j$  Conjunto de variables específicas a la industria bancaria.

$Macro_{i,t}^k$  Variables relacionadas al entorno macroeconómico y variables de gobernabilidad.

$\beta_j$  y  $\beta_k$  Coeficientes para estimar a través el método generalizados de momentos considerando especificación de efectos aleatorios.

$u_i$  Perturbación aleatoria que permite distinguir los efectos de cada individuo.

$e_{i,t}$  Término de error.

Dentro de sus resultados Myriam Urbina encontró que el riesgo de crédito de la banca ecuatoriana es 7,8% en promedio, analizando su evolución histórica, observa que los mayores niveles de morosidad ocurren en los años 2000-2001, periodo en el cual el país enfrentó la crisis bancaria; en adelante el riesgo presenta una tendencia decreciente y se mantiene relativamente estable a partir del 2006. Durante la crisis subprime 2008-2009 y la recesión económica 2015-2016 el riesgo de crédito tiende a incrementar, evidenciando impacto del entorno macroeconómico en la calidad de la cartera de crédito. También encontró que para la economía ecuatoriana, el riesgo de crédito, medido por la tasa de morosidad, se ve afectado por determinantes macroeconómicos e indicadores propios del sistema bancario: tasa de crecimiento del PIB, variables gubernamentales, la tasa de crecimiento de los créditos, las provisiones y la rentabilidad.

Por su parte, Vítor Castro (2013) realiza un estudio para comprender el vínculo entre la evolución macroeconómica y el riesgo de crédito para los países Grecia, Irlanda, Portugal, España e Italia que se vieron afectados por condiciones económicas y financieras desfavorables. Condiciones desfavorables como recesión y desempleo, elevados niveles de déficit y deuda pública y las dificultades que han tenido para pedir dinero prestado para financiar sus economías. Debido a este deterioro del entorno económico puede aumentar el riesgo de impago en estos países. Antes de aplicar su casi empírico, hace revisión de la literatura y destaca que se debe hacer una importante distinción entre los tipos de factores que pueden afectar al riesgo de crédito bancario: factores de tipo sistemático (variables económicas y políticas) y no sistemático (características de los créditos).

En su aplicación abarca el período comprendido entre el primer trimestre de 1997 y el tercer trimestre de 2011 sobre los cinco países europeos, donde el modelo que estimó fue:

$$CredRisk_{it} = \alpha + \sum_{j=1}^J \gamma_j CredRisk_{it-j} + X'_{it} \beta + \eta_i + \varepsilon_{it}$$

Para  $i=1, \dots, N$  y  $t=1, \dots, T$  que denotan la dimensión transversal y temporal del panel, respectivamente.  $X_{it}$  es un vector  $k \times 1$  de variables explicativas,  $\beta$  es un vector  $k \times 1$  de coeficientes,  $\eta_i$  son los efectos no observados específicos del país y  $\varepsilon_{it}$  es el término de error. El análisis empieza con estimadores de datos panel: pooled-OLS, efectos fijos (FE) y efectos aleatorios (RE). Y para evitar posibles problemas de sesgos se diferenció la ecuación como se muestra a continuación:

$$\Delta CredRisk_{it} = \alpha + \sum_{j=1}^J \gamma_j \Delta CredRisk_{it-j} + \Delta X'_{it} \beta + \Delta \varepsilon_{it}$$

Dada esta ecuación el autor encontró pertinente estimar el método generalizado de momentos (GMM) para satisfacer las condiciones de ortogonalidad bajo el supuesto de residuos independientes y homocedásticos, produce parámetros consistentes.

$$E[CredRisk_{it-s} \Delta \varepsilon_{it}] = 0 \text{ and } E[X_{it-s} \Delta \varepsilon_{it}] = 0 \text{ for } t = j + 2, \dots, T \text{ and } s \geq j + 1$$

Los resultados arrojaron que como era de esperar cuando el PIB crece y la tasa de desempleo disminuye, la tasa de préstamos improductivos se reduce significativamente, es decir, el riesgo de crédito tiende a aumentar cuando el entorno económico se deteriora, una confirmación adicional de este hecho viene dada por el impacto de la crisis financiera en el riesgo de crédito: durante el período de crisis financiera el riesgo de crédito ha aumentado sustancialmente. En cifras, una disminución de un punto porcentual en la tasa de crecimiento del PIB real conduce a un aumento inmediato del riesgo de crédito de unos 0,035 puntos porcentuales, ceteris paribus. Por otro lado, una aceleración de un punto en la tasa de desempleo genera un aumento de 0,175 puntos porcentuales en la tasa de morosidad, ceteris paribus. Los resultados también muestran que durante las recientes crisis financieras esa tasa ha aumentado, en promedio, entre 0,3 y 0,4 puntos porcentuales. Para el tipo de interés se observó que, por cada punto porcentual de aumento en el tipo de interés a largo plazo, la tasa de préstamos morosos aumenta en unos 0,07 puntos porcentuales, ceteris paribus. En términos generales, el riesgo de crédito bancario se ve significativamente afectado por el entorno macroeconómico: el riesgo de crédito aumenta cuando el crecimiento del PIB, los índices de precios de las acciones y los precios de la vivienda disminuyen y aumenta cuando la tasa de desempleo, la tasa de interés y el crecimiento del crédito aumentan; también se ve afectado positivamente por una

apreciación del tipo de cambio real; además, se observó un aumento sustancial del riesgo de crédito durante el reciente período de crisis financiera.

Otro estudio realizado por Matos, da Silva, dos Santos, & Reinaldo (2021), en su revisión de la literatura destacaron varios hallazgos que podrían ayudar a su investigación. En este trabajo Matos, da Silva, dos Santos, & Reinaldo (2021) destacan ser los primeros en evaluar la relación entre las decisiones de crédito de los hogares frente a las variables macro financieras en Estados Unidos en el ámbito de la frecuencia temporal. En cuanto al mercado de crédito, utilizaron las tasas de crecimiento y de morosidad de los préstamos al consumo y de las hipotecas sobre viviendas. Las variables macroeconómicas seleccionadas fueron el crecimiento de la renta real, la riqueza y los gastos de consumo en servicios, bienes no duraderos y duraderos. En el mercado financiero, utilizaron la rentabilidad real de los principales índices bursátiles estadounidenses: Russell 2000, Nasdaq y S&P 500. La fuente de datos fue el Federal Reserve Economic Data.

Para ello emplean un modelo basado en las transformadas wavelet, originalmente exploradas empíricamente por Grossmann y Morlet (1984), el cual lo define como:

$$dist(W_x, W_y) = \frac{\sum_{k=1}^K \sigma_k^2 [d(l_x^k, l_y^k) + d(\mathbb{w}_k, \mathbb{v}_k)]}{\sum_{k=1}^K \sigma_k^2}$$

$$W_{xy}(\tau, s) = W_x(\tau, s)\bar{W}_y(\tau, s)$$

$$R_{xy}(\tau, s) = \frac{|S(W_{xy}(\tau, s))|}{\sqrt{S(|W_{xx}(\tau, s)|)S(|W_{yy}(\tau, s)|)}}$$

El propósito es discutir la sincronización y las relaciones condicionales de adelanto y atraso entre las variables de crédito o incumplimiento y las macro financieras. En otras palabras, además de permitir la variación de los coeficientes junto con el tiempo y las frecuencias, pretendemos controlar cada comovimiento por pares para un vecino específico de instrumentos. En primer lugar, los autores estudiaron los movimientos conjuntos entre el mercado de crédito y el desarrollo. Bajo este contexto, presentaron los principales resultados relativos al crecimiento del crédito, luego mostraron los principales resultados relativos al crecimiento de las hipotecas sobre viviendas, después representaron los

resultados sobre la morosidad de las hipotecas sobre viviendas y, por último, enseñaron los resultados sobre la morosidad del crédito.

En un segundo paso, estudiaron la relación entre el mercado de crédito y el sistema financiero. Los resultados arrojaron que los ciclos de las hipotecas sobre viviendas son capaces de liderar los ciclos de la riqueza, en fase en la década de los 90 a largo plazo, y fuera de fase en 2012 a corto plazo. Además, en el corto plazo, en el punto álgido de la crisis en 2007, hay comovimientos positivos. En todos estos casos, la ganancia parcial es baja y oscila entre 0 y 2, a lo largo del tiempo. Un resultado novedoso es la alta frecuencia de los ciclos de desfase entre la morosidad de los préstamos y la riqueza en los años 90, siendo el impacto medio de este tipo de impagos de 0,4, con una tendencia decreciente a lo largo del periodo. Un análisis del comportamiento de los bienes duraderos muestra una dependencia indudable del crecimiento de las hipotecas sobre viviendas y de la morosidad. Los ciclos de los bienes duraderos van por detrás de los respectivos ciclos de crédito en todo momento y frecuencia. Más concretamente, en el corto plazo, en el punto álgido de la crisis en 2007, se producen comovimientos positivos con una ganancia parcial aproximadamente nula, mientras que en el largo plazo, entre 2011 y 2015, la reacción de los ciclos de bienes duraderos en fase se mantiene estable en torno a 0,5. Cabe destacar que los ciclos de impago de hipotecas están en fase en el corto plazo entre 1991 y 1997, con una ganancia parcial de 0,4-1996, mientras que en el largo plazo, estos ciclos están fuera de fase en relación con los ciclos de bienes duraderos a partir de 2010, con una ganancia parcial aparentemente nula. En resumen, encontraron que las oscilaciones en diferentes frecuencias de crecimiento y tasas de morosidad para los préstamos al consumo y las hipotecas de vivienda pueden tener diferentes impactos en el rendimiento real de Russell 2000, Nasdaq y S&P 500, así como, en el crecimiento de la renta real, la riqueza y los gastos de consumo en servicios, bienes no duraderos y duraderos.

Otro tipo de estudio realizado por Barra & Ruggiero (2021) argumentan que el deterioro de la calidad de los préstamos bancarios es una de las principales causas de la fragilidad financiera. Debido a que, en los últimos años, la crisis financiera mundial y la posterior recesión en muchos países desarrollados han incrementado las tasas de impago de los hogares y las empresas, provocando importantes pérdidas para los bancos. Por lo tanto, la supervisión periódica de la calidad de los préstamos, posiblemente con un sistema de alerta temprana capaz de avisar a las autoridades reguladoras de posibles tensiones bancarias,

es esencial para garantizar un sistema financiero sólido y prevenir las crisis sistémicas. A este respecto, las herramientas analíticas que se están examinando actualmente en el contexto de la regulación macro prudencial hacen hincapié en el papel de los indicadores de la calidad de los activos. Argumentan que la reciente crisis financiera ha desencadenado un debate sobre el rendimiento como determinante de la estabilidad financiera en diferentes estructuras de mercado y sobre los efectos de los desbordamientos, el contagio y la conectividad en los mercados de deuda (De Santis y Zimic, 2018). Hay una serie de razones por las que este debate tiene lugar ahora. En primer lugar, los intermediarios financieros estuvieron en el centro de la reciente crisis. En segundo lugar, la inestabilidad del sistema financiero, asociada a los préstamos morosos (NPL), ha aumentado en los últimos años durante la crisis, especialmente en el caso de los países vulnerables de la zona del euro, como España, Italia, Portugal, Grecia, Chipre y Eslovenia (Informe de Revisión de la Estabilidad Financiera del BCE (2015)), lo que indica la necesidad de aplicar nuevas medidas e instrumentos de regulación. En tercer lugar, el rendimiento de los bancos es un factor importante que podría influir en las fases de la estabilidad financiera. Para abordar estos temas, estudios como el de Allen et al. (2011) que muestra teóricamente que los procesos de selección y supervisión eficientes atraen a los inversores menos arriesgados, reduciendo la inestabilidad bancaria. Esta predicción teórica está respaldada por algunos estudios empíricos (por ejemplo, Wheelock y Wilson, 1995; y Berger y De Young, 1997). Desde este punto de vista los autores además de abordar temas de corte micro y macroeconómicos también se enfoca en estudiar los efectos de la estructura del mercado sobre el riesgo de crédito bancario, ya que el conjunto de datos permite distinguir entre las diferentes formas de mercado en las que operan las instituciones financieras (es decir, mercados competitivos, duopolísticos, oligopolísticos y monopolísticos). De este modo, es posible comprender si existe una relación entre la estructura subyacente del mercado y la propensión a asumir riesgos de los bancos. Dado los hallazgos en su revisión literaria emplean una muestra formada por bancos cooperativos, comerciales y populares. Para evaluar el impacto de los factores microeconómicos y macroeconómicos en la asunción de riesgos por parte de los bancos, se basaron en la aplicación de un estimador de efectos fijos con errores estándar de agrupación, para hacer frente a la presencia de heteroscedasticidad por grupos, mediante el siguiente modelo:

$$NPLL_{i,t} = \alpha_1 NPLL_{i,t-1} + \beta_j MICRO_{i,t-1} + \gamma_j MACRO_{i,t-1} + TIME_t + \varepsilon_{i,t}$$



Donde,

$NPLL_{i,t}$  es la medida de riesgo bancario (préstamos morosos sobre el total de préstamos).

$MICRO_{i,t-1}$  es un vector de factores microeconómicos como GRLO (crecimiento de los préstamos totales), ROA, entre otros.

$MACRO_{i,t-1}$  conjunto de variables que pretenden evaluar cómo el entorno local en el que opera el banco afecta a su cantidad de préstamos incobrables.

$TIME_t$  es el conjunto de variables ficticias temporales incluidas en el modelo para captar los cambios en las variables macroeconómicas (por ejemplo, la bajada de los tipos de interés) y las normas (por ejemplo, los procesos de desregulación financiera y privatización en Italia).

$\varepsilon_{i,t}$  es el término de error.

Para entender si el impacto de los factores microeconómicos y macroeconómicos sobre el riesgo crediticio se ve afectado por el grado de competencia en el sector bancario, se clasifican por niveles es igual a 1 cuando hay 1 banco (MON: MONOPOLISTIC); 2 cuando hay 2 bancos (DUOP: DUOPOLISTIC); 3 cuando hay 3 bancos (OLIG: OLIGOPOLISTIC) y 4 en caso contrario (COMP: COMPETITION) y esto se muestra en el siguiente modelo:

$$NPLL_{i,t} = \alpha_1 NPLL_{i,t-1} + \beta_j MICRO_{i,t-1} + \gamma_j MACRO_{i,t-1} + TIME_t + \varepsilon_{i,t} \text{ if market structure} \\ = [MON, DUOP, OLIG, CONC]$$

Los resultados que encontraron fueron que las diferentes formas de mercado en las que operan los bancos no influyen en el nexo entre los factores micro y macro y la proporción de préstamos morosos. Los datos confirman que, entre el conjunto de variables microeconómicas relevantes incluidas en el análisis, el crecimiento de los préstamos, la capitalización, el volumen de crédito y el volumen de costes reducen la cantidad de préstamos morosos, mientras que una mayor rentabilidad y unos costes de intermediación más elevados repercuten negativamente en la calidad del crédito. Respecto a los factores macroeconómicos incluidos se encontró que las variaciones del PIB provocan un aumento del importe de los créditos morosos cuando se considera el conjunto de los bancos, pero este efecto desaparece cuando se divide la muestra entre bancos cooperativos y no cooperativos. Y finalmente, concluyen con una premisa importante para la investigación, ya

que los autores encuentran que los datos presentados en su investigación indican además que una mayor rentabilidad aumenta el riesgo crediticio, lo cual tiene una fuerte relación con lo encontrado en el trabajo de Rajan (1994), que muestra que los gestores de los bancos podrían manipular los beneficios actuales para indicar al mercado que son muy rentables, a costa de tener más préstamos dudosos en el futuro.

*Tabla 3 Determinantes de riesgo crediticio en variables macroeconómicas, financieras e institucionales.*

<b>Autores</b>	<b>VARIABLES macroeconómicas, financieras e institucionales</b>
<b>Myriam Urbina (2009)</b>	Tasa de interés real, tasa desempleo y provisión por pérdidas crediticias (Hoang et al, 2019). Ciclo económico en general (Vallcorba & Delgado, 2007). Capital regulatorio, calidad de administración, nivel de provisiones por créditos incobrables (Ahmad & Ariff, 2007).
<b>Vítor Castro (2013)</b>	Tasa de desempleo, crecimiento PIB, índice bursátil, tasa de inflación y tipo de cambio. Importancia del ciclo económico para acumular riesgos en épocas expansivas (Bohachova, 2008). Cambios de política económica (fiscal y monetaria). Cambio de política de los gobiernos. Factores específicos de los individuos, préstamos, empresas, posición financiera, fondos y capacidad para pagar préstamo.
<b>Matos, da Silva, dos Santos, &amp; Reinaldo (2021)</b>	Producto interno bruto, elasticidad del crecimiento del crédito de los hogares (Beck et al, 2012). Producción y precios reales de las acciones (Chen et al, 2012).
<b>Barra &amp; Ruggiero (2021)</b>	PIB, tasa de desempleo, mejora la calidad del crédito, reduciendo el riesgo de impago de las empresas y los hogares. Los tipos de interés, la aversión al riesgo, la deuda pública y la inflación, se muestran directamente correlacionadas con la calidad del crédito.

## 4 Metodología

Para probar la hipótesis sobre el nivel de riesgo al que se enfrenta el gobierno nacional con la implementación del programa de garantías crediticias del FNG en el marco de la pandemia del covid-19 como mecanismo de reactivación económica, se ejecutaron modelos lineales generalizados para datos binarios como modelo aproximado al Cox model para estimar la probabilidad de incumplimiento de las empresas. Para el desarrollo de este modelo se realizó una serie de pasos:

1. La información que se recopiló se dividió en 4 factores:
  - Factores indicadores financieros, donde se recopilaron los Estados Financieros de las empresas y su respectivo tratamiento usando como fuente la Superintendencia de Sociedades donde se clasifican aquellas empresas que tengan información sobre las obligaciones vencidas.
  - Factores macroeconómicos, donde se tuvieron en cuenta variables macroeconómicas que afectarán directamente al funcionamiento de las empresas, tales como el desempleo o el crecimiento del PIB, entre otros.
  - Factores geográficos, donde se observó la distribución de la exposición a incumplir de parte de las empresas por los 32 departamentos de Colombia.
  - Factor antigüedad, donde se quiso observar la evolución de las empresas a lo largo de los años y su deterioro con respecto al año 2020, sin embargo, la información como más adelante se aclarará limita este análisis provocando que se descarte como variable de análisis.
2. Construcción de indicadores financieros que den cuenta del estado de las empresas junto con la recolección de información macroeconómica.
3. A partir de la información recolectada, se efectuó un análisis univariado y bivariado de la exposición de las empresas a incumplir sus obligaciones, a través del software addactis® Pricing, para observar el comportamiento de cada uno de los indicadores financieros.

Para definir el incumplimiento de las empresas se remite al capítulo II de riesgo crediticio de la Superintendencia Financiera de Colombia en el apartado 1.3.3 *Modelos para la estimación o cuantificación de pérdidas esperadas. Se entiende por incumplimiento, sin perjuicio de que la entidad establezca criterios adicionales más exigentes, el evento en el cual una operación de crédito cumple por lo menos con alguna de las siguientes condiciones: Créditos comerciales que se encuentren en mora mayor o igual a 150 días, o que siendo reestructurados incurran en mora mayor o igual a 60 días. Microcréditos que se encuentren en mora mayor o igual a 30 días.*

En este estudio, como en la siguiente sección se menciona, el foco de análisis se hará sobre las Microempresas, por lo tanto, se considera como incumplimiento obligaciones vencidas mayores o iguales a 30 días, sin embargo, dentro de las cuentas por pagar no existe este periodo así que se optó por usar dentro del análisis

el supuesto que el deterioro se realizará al cumplir más 91 días sin pagar las obligaciones contraídas y precisamente esta decisión es congruente con lo definido en la NIIF 9 de instrumentos financieros en el apartado *Definición de incumplimiento*: *Al definir incumplimiento a efectos de determinar el riesgo de que ocurra un incumplimiento, una entidad aplicará una definición de incumplimiento que sea congruente con la definición utilizada a efectos de gestión del riesgo crediticio interno para el instrumento financiero relevante y considerará indicadores cualitativos (por ejemplo, pactos financieros) cuando sea apropiado. Sin embargo, hay una presunción refutable de que un incumplimiento no ocurrirá después de que un activo financiero esté en mora **90 días**, a menos que una entidad tenga información razonable y sustentable que un criterio de incumplimiento más aislado es más apropiado. La definición de incumplimiento utilizada a estos efectos deberá aplicarse de forma congruente a todos los instrumentos financieros, a menos que la información pase a estar disponible lo que demuestra que otra definición de incumplimiento es más adecuada para un instrumento financiero concreto.*

4. Se realiza análisis de correlación entre las variables, se escoge el método Cramer's V para la elección de las variables. Para más detalle de los métodos de correlación dirigirse a **Error! Reference source not found.**
5. El evento de interés es el incumplimiento de los préstamos de las empresas, dado el análisis de correlación, se escogen las variables más significativas y se ejecutan modelos GLM como logit, probit y cloglog. Se elige el modelo que mejor estime esta probabilidad, a través de los criterios AIC y BIC y la prueba chi-cuadrado  $\chi^2$  para los rangos de significancia de las variables al 5%.
6. Los modelos fueron divididos entre un porcentaje de entrenamiento (70%) y uno de prueba (30%), para mayor ajuste y estimación de este, como también parte del Back Test del modelo en donde se tendrán en cuenta criterios como la curva ROC, MSE, los cuales definirán que tanta precisión tiene el modelo a la hora de pronosticar si una empresa va a incumplir o no, además de medir si los modelos se encuentran sobre ajustados o sub ajustados.
7. Se estiman los escenarios de pérdidas en que se pueden incurrir dado el incumplimiento de estas, según las características de los préstamos garantizados por el FNG.

## **4.1 Tratamiento de los datos**

Para este estudio se emplearon los Estados Financieros publicados por la Superintendencia de Sociedades, organismo adscrito al Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. De la información publicada se recopilaron los datos de 84.179 empresas entre 2015-2021; a estas se le hicieron una serie de tratamientos para obtener información que den cuenta del comportamiento de cada una de las empresas de la muestra.

### **4.1.1 Imputación de datos**

En principio se realizó un análisis del estado de la información de estas 84.179 empresas, dentro de esta se encontraron cuentas de los estados financieros que presentaban valores faltantes, al ser información de suma importancia para el estudio se recurrió a realizar métodos de imputación de los datos, los cuales fueron:

- La cuenta Pasivo No Corriente presentaba valores faltantes a su vez se observó que las cuentas de Pasivo Corriente y Pasivo Total se encontraban con el total de la información, por lo tanto, solo se recurrió a realizar la resta entre el Pasivo Total y el Pasivo Corriente para obtener los datos de la cuenta de Pasivo No Corrientes.
- Las cuentas Otros pasivos financieros corrientes y no corrientes también presentaban valores faltantes, pero no fue tan sencillo el método de imputación a aplicar, en este caso se tuvo en cuenta la información completa de las cuentas Pasivo Corriente y Pasivo No Corriente. Para ejecutar la imputación se realizó un cálculo de proporción entre la información existente de tanto de Otros pasivos financieros corrientes frente al Pasivo Corriente y Otros pasivos financieros no corrientes frente al Pasivo No corriente, de esta manera al tener este cálculo se realizó un promedio entre estas proporciones y con esta proporción media se multiplicó este valor con sus respectiva cuenta de Pasivo Corriente y No Corriente logrando así una imputación a partir de la proporción media de cada una de las cuentas.
- Las cuentas Obligaciones Vencidas tuvieron un tratamiento distinto al no tenerse información extra para ejecutar cualquier otro método de imputación, por lo tanto, se optó por asumir que los valores faltantes de estas cuentas serían por defecto el valor 0.

## **4.1.2 Calidad de información**

### **4.1.2.1 Años**

En principio como horizonte temporal de análisis se tuvo en cuenta información desde el año 1995, sin embargo, al tratar de reunir la información necesaria que diera cuenta del deterioro en las obligaciones contraídas por las empresas tanto en cuentas por pagar, estados de resultados integrales y sus balances generales, al acotar los criterios de selección solo se obtuvo información desde el año 2015.

Conjuntamente se realizó un análisis de la participación de empresas por cada año de estudio. Del total de 84.179 empresas, el año 2015 arrojaba información de solo 15 empresas, 2016 de 14.244, 2017 de 14.466, 2018 de 14.000, 2019 de 18.789 y 2020 de 22.665 empresas. Con lo cual se descarta el año 2015 como año de estudio debido a la falta de proporcionalidad frente al resto de años donde al dejarse como parte del análisis solo causaría sesgos en los resultados de ese año. En este paso se redujo el número de empresas a 84.164 empresas.

### **4.1.2.2 Tamaño de empresas**

Continuando con eje principal de estudio, se tuvo en cuenta el tamaño de la empresa. Dado que el FNG otorga las garantías crediticias por tamaño de la empresa, para efectos del análisis se realizó el cálculo del tamaño de las empresas según lo establecido por el mismo, el cual indica que el tamaño depende de la división entre Activos Totales y el SMMLV del año correspondiente, de esta manera se realiza la siguiente distribución:

- Microempresas  $\leq 500$  SMMLV
- Pequeñas empresas  $500 < \text{SMMLV} \leq 5000$
- Medianas empresas  $5000 < \text{SMMLV} \leq 30000$

Con base en esta clasificación se encontraron que, del total de 84.164 empresas, para el 2016 solo 14 empresas clasificaron entre pequeñas y medianas, en 2017 18, en 2018 19, en 2019 18 y en 2020 38 empresas, siendo un total de 107 empresas, el resto de las empresas clasificaron como microempresas. Esto demostró que la información no daba lugar a un análisis diferencial por tamaño de la empresa debido a que las pequeñas y

medianas empresas solo representaron un 0,127% del total de las empresas a estudiar por lo cual se eliminaron del foco de estudio.

#### **4.1.2.3 Información negativa o nula**

Respecto a los datos en profundidad se encontraron reportes con información negativo o nula para cuentas como Patrimonio con un total de 3.562 empresas, repartidas por año, 2016 con 555 empresas, 2017 con 643, 2018 con 639, 2019 con 781 y 2020 con 944 empresas. A su vez, se encontraron 15 empresas que reportaban información nula en la cuenta de Pasivos, por lo que se comprobó que en el resto de las cuentas ocurría lo mismo. Por lo tanto, al no ser información clara sobre el estado de la empresa y el porqué de su reporte se decidió eliminar a estas empresas del estudio dado que esta cuenta es fundamental para la estimación del modelo. El número total de empresas que quedaron con esta depuración fue de 80.480.

#### **4.1.2.4 Estandarización de los datos**

Para tener una medida en común de los datos año a año, se dividieron las cuentas en términos del salario mínimo legal en Colombia del año correspondiente. La información de los salarios se extrajo de la serie histórica en pesos colombianos publicada por el Banco de la República.

#### **4.1.2.5 Datos duplicados**

Al extraer información del Estado de resultados integral se encontró que varias empresas reportaron más de una vez en un año por lo que duplicaba o triplicaba la información, se optó por escoger la información ofrecida en la última fecha reportada para evitar este tipo de confusión.

### **4.1.3 Depuración con base en indicadores financieros**

Con el fin de llevar a cabo el modelo de riesgo crediticio se construyeron indicadores financieros que harán parte de las variables explicativas del modelo como se cuenta dentro del apartado de metodología previamente. Para construir estos indicadores fue necesario realizar la depuración de todas las cuentas de los Estados Financieros y a partir de esta depuración se procede con la construcción, esta construcción se realizó con base en el

documento FÓRMULAS DE INDICADORES<sup>11</sup> publicado por la Superintendencia de Sociedades.

Partiendo de esta construcción se realizó la siguiente limpieza:

- Los indicadores *Cobertura operacional del pasivo financiero* y *Margen Neto* se eliminaron por errores en la estimación dado que tenía como cuenta principal los Ingresos Operacionales, pero para muchas esta cuenta tenía valores de cero lo cual indica que las empresas no obtienen ingresos de sus operaciones o no se encuentran funcionando por lo que estos dos indicadores no ofrecerían información sobre el estado de la empresa.
- El indicador *Impacto de la carga financiera* arrojó que 586 empresas arrojaban valores en cero para sus ganancias por actividades operaciones por lo que arruinaba los resultados de este indicador, es por eso que se optó por eliminar estas empresas para tener una mejor interpretación del mismo.

De esta manera, quedaron un total de 79.894 empresas, distribuidas en los años de esta forma: en 2016 13.623 empresas, en 2017 13.729 empresas, en 2018 13.248 empresas, en 2019 17.839 empresas y en 2020 21.455 empresas.

Por otra parte, para las variables macroeconómicas se tuvieron en cuenta aquellas que dieran la mayor información del impacto de estas en el desempeño de las empresas dado lo encontrado en el apartado 3.2 Riesgo crediticio en contexto de crisis. Las variables que se escogieron fueron:

- La tasa de crecimiento real del PIB, información extraída del DANE - Cuentas Nacionales Anuales – Principales agregados macroeconómicos. Los datos del cuadro Serie encadenada de volumen con año de referencia 2015 a miles de millones de pesos, a partir de estos datos se calculó la tasa de crecimiento.
- La tasa de desempleo, información extraída del DANE de la Gran Encuesta Integrada de Hogares, serie mensual de 2001-2020. Los datos de las 13 ciudades

---

<sup>11</sup> En el apartado Glosario se encontrará los indicadores financieros con sus respectivas fórmulas y siglas para simplificar el proceso.



y áreas metropolitanas, según la distribución de las empresas, se escogió el máximo valor mensual por año.

- La tasa de interés de intervención de política monetaria del Banco de la República – Por decisión de la JDBR. Se eligió el dato de máximo valor que se obtuvo en el año.
- La tasa de cambio se tomó la Tasa Representativa del Mercado del Banco de la República, serie histórica con periodicidad mensual. Se realizó un promedio por año y luego se calculó la variación porcentual.

*Tabla 4 Depuración de datos*

<b>Tratamiento de datos</b>	<b>Número de empresas</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Base de datos inicial</b>	84.179	100%
<b>Años</b>	84.164	99,982%
<b>Tamaño de empresas</b>	84.057	99,855%
<b>Información negativa o nula</b>	80.480	95,605%
<b>Depuración con base en indicadores financieros</b>	79.894	94,909%

Como comentario final se pensó emplear la variable antigüedad para observar la evolución de las empresas. Para ello se pensaba emplear la información existente de las empresas año a año y de esta manera ver la evolución sobre el deterioro de sus obligaciones contraídas arrojando si era o no un factor determinante para incumplir en el año 2020. Sin embargo, al hacerse este tipo de filtro por empresas no se encontró que las empresas continuaran año a año y en el caso de 2020 hubo más publicación de Estados Financieros respecto al año anterior (22.665 vs 18.789 empresas) por lo que se decidió comunicar con la Superintendencia de Sociedades sobre este tema y se obtuvo la siguiente respuesta<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> La respuesta oficial se encuentra en el

donde indican que la muestra observada de las empresas no se hace para las mismas año a año:

*La muestra de sociedades no es constante, a la muestra pertenecen las sociedades comerciales y empresas unipersonales vigiladas según el Decreto 1074 de 2015, las sucursales de sociedades extranjeras incursas en alguna de las causales de vigilancia contempladas en el Decreto 2300 de 2008 y aquellas sociedades sometidas al control de esta Superintendencia, de acuerdo con el artículo 85 de la Ley 222 de 1995, aun cuando estén en concordato, acuerdo de reestructuración, acuerdo de reorganización o en liquidación judicial . Así mismo, hacen parte de la muestra las sociedades comerciales y sucursales de sociedades extranjeras que, de manera particular, y en ejercicio de la atribución de inspección contenida en el artículo 83 de la Ley 222 de 1995, la Superintendencia seleccione. Sin embargo, no estarán obligadas a presentar la información requerida aquellas sociedades Inspeccionadas que su situación sea de liquidación voluntaria. La Superintendencia de Sociedades establece la muestra a partir de la información remitida por Confecámaras y por la consignada en el Módulo de Datos Básicos del Sistema de Información General de Sociedades (SIGS) de esta Entidad.*

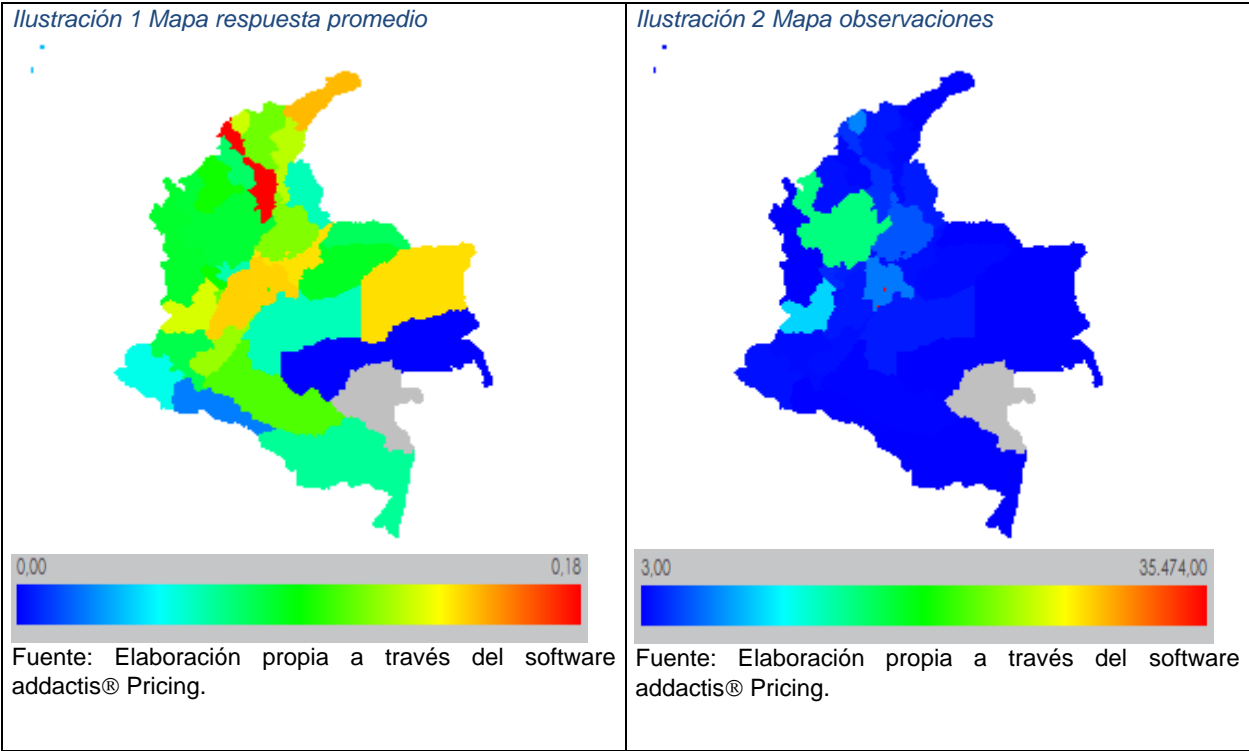
## **4.2 Estadística descriptiva y datos**

### **4.2.1 Análisis univariado**

Como primer análisis a los datos se encuentra que, respecto a la ubicación geográfica de las empresas, la mayoría se encuentran concentradas en Bogotá D.C., Antioquia y Valle del Cauca, siendo el 44%, 17% y 9%, respectivamente. Como se puede observar en la Ilustración 1 Mapa respuesta promedio e Ilustración 2 Mapa observaciones, existen ciertos departamentos con más alto deterioro respecto a otros, como es el caso de Bolívar con un 18% de incumplimiento, La Guajira, Vichada y Boyacá con un 14%, sin embargo, si se observa respecto a las observaciones se ve que son departamentos con poca participación de empresas. Mientras que el caso de Antioquia, Valle del Cauca y Bogotá D.C, donde hay mayores observaciones es donde el mapa cambia de color. Cabe aclarar que dentro de

---

este análisis no hubo información de Vaupés, por lo que en los dos mapas sale como color gris.



En la Tabla 5 Análisis descriptivo univariado se puede observar un resumen de los indicadores financieros que se construyeron junto con la exposición de obligaciones vencidas. Respecto a los primeros, se puede inferir que dentro del 2016-2020, en promedio, el Retorno sobre el Patrimonio (ROE) fue -0,08410 y el Retorno sobre el Activo (ROA) fue de 0,01719, se evidencia el efecto de las pérdidas del Estado de Resultados Integral y una mayor variabilidad en el caso del ROE. La Rotación de Activos (RA) arrojó que los ingresos operacionales, en promedio, representan 1,092636 veces los activos, el Apalancamiento financiero (AF) fue de 7,81808, en promedio, lo cual es un indicador de que las deudas de las empresas son mayores que sus recursos propios, para la Concentración de endeudamiento financiero (CEF), en promedio, un 30% de las deudas de la empresa están contraídas con el sector financiero y que el Endeudamiento con el sector financiero (ESF) es alrededor del 16%, en promedio, respecto a los recursos con los que dispone la empresa. Respecto al Impacto de la carga financiera (ICF), en promedio, fue de -0,0012191, mostrando que las empresas registraron más pérdidas que ganancias por actividades

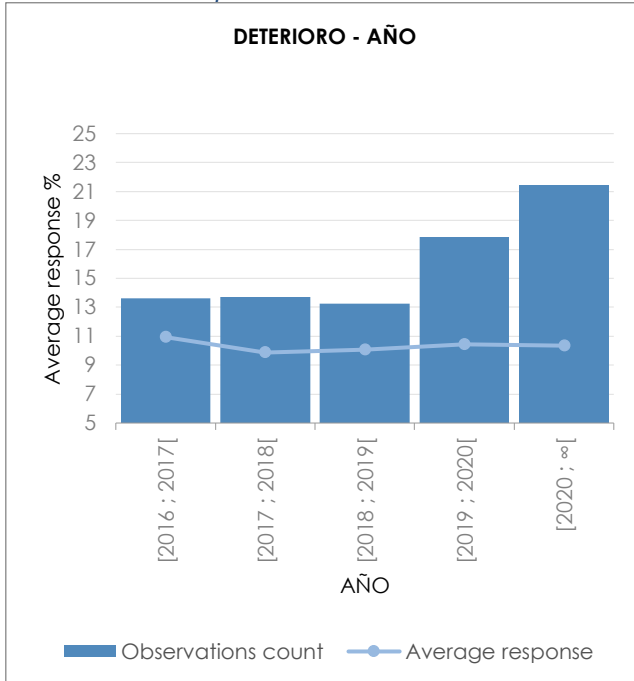
operacionales, con el Índice de propiedad (IP) se evidenció que la participación promedio del patrimonio de las empresas sobre los activos es alrededor del 52%. El Respaldo patrimonial del pasivo tanto de largo plazo (RPPLP) como de corto plazo (RPPCP) fue alrededor de 4, es decir, que las deudas de las empresas son 4 veces los recursos propios de la empresa y específicamente las deudas con el sector financiero representaron 2,3812.

*Tabla 5 Análisis descriptivo univariado*

<b>Total Sample</b>			
<b>Variable</b>	<b>Obs</b>	<b>Mean</b>	<b>Std. Dev</b>
ROE	79.894	-0,0841009	7,02952269
ROA	79.894	0,01719171	2,78318914
RA	79.894	1,09263006	2,29744949
A	79.894	8,81807629	282,477014
AF	79.894	7,81807629	282,477014
CEF	79.894	0,30905695	0,23426291
ESF	79.894	0,15807817	0,16333932
IS	79.894	148,607223	15926,1192
RE	79.894	0,47904013	0,2692453
ICF	79.894	-0,0012191	42,39945
IP	79.894	0,52095987	0,2692453
RPPLP	79.894	3,84903522	155,256989
RPPCP	79.894	3,96904107	165,065543
RPEF	79.894	2,38128653	92,6114779
CPC	79.894	0,64251888	0,34299512
CPNC	79.894	0,35748112	0,34299512
EXPOSURE	79.894	0,44522983	37,1467467

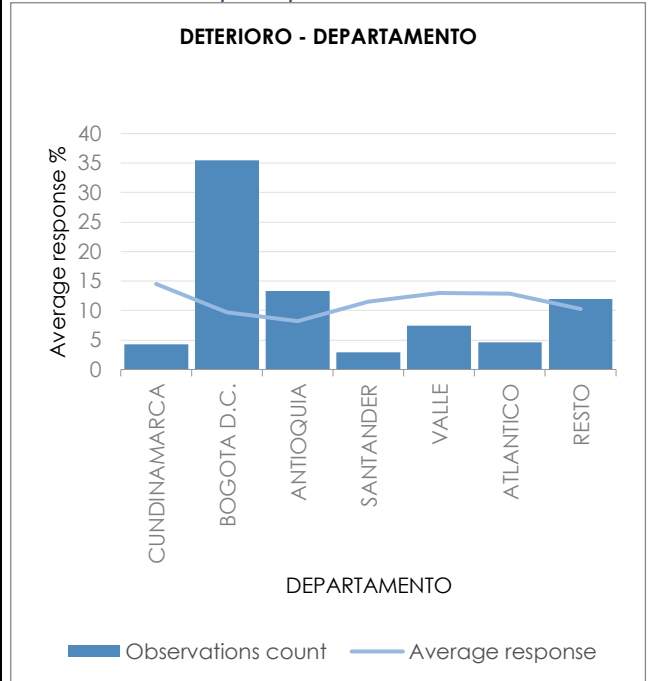
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 1 Deterioro por año



Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

Gráfico 2 Deterioro por departamento



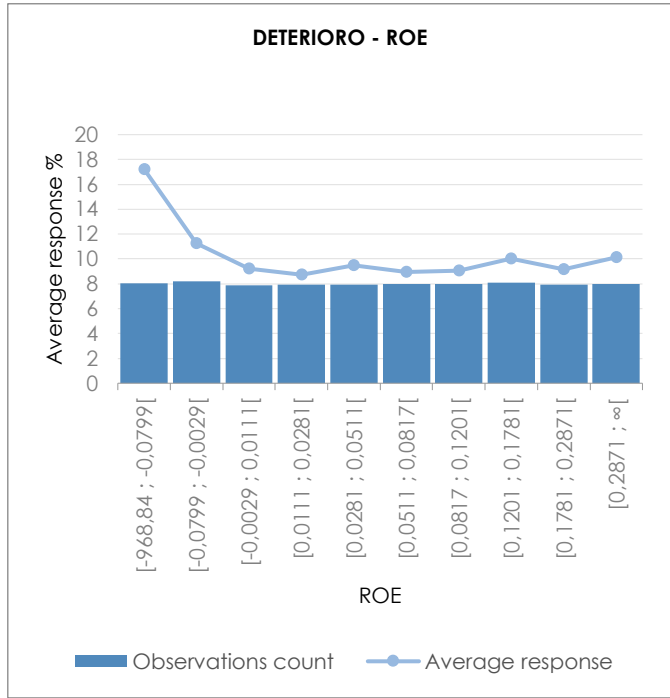
Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing. El conjunto de departamentos que conforman el grupo de Resto son Amazonas, Arauca, Bolívar, Boyacá, Caldas, Caquetá, Casanare, Cauca, Cesar, Chocó, Córdoba, Guainía, Guaviare, Huila, La Guajira, Magdalena, Meta, Nariño, Norte De Santander, Putumayo, Quindío, Risaralda, San Andrés y Providencia, Sucre, Tolima y Vichada.

El Gráfico 1 Deterioro por año muestra el deterioro de las obligaciones contraídas respecto a los años de estudio, se puede ver que en todos los años muestran una respuesta promedio del 10,5%, solo con un máximo en el 2016 de 11% y un mínimo de 10%. En el caso del 2016 - 2017 este valor se debe a que en el recuento histórico fueron años con tasas de crecimiento bajas del 2,1% y 1,4% especialmente provocados por la caída de los precios de hidrocarburos<sup>13</sup>, para 2018 - 2019 hubo una leve recuperación del 2,6% y 3,2% y en caso particular 2020 con la pandemia del covid-19 se intuía un deterioro mayor en las obligaciones contraídas, pero en este caso no se observa un aumento significativo y esto puede deberse a las ayudas que el gobierno nacional implementó para mitigar el impacto económico de la pandemia.

<sup>13</sup> (CEPAL, 2016)

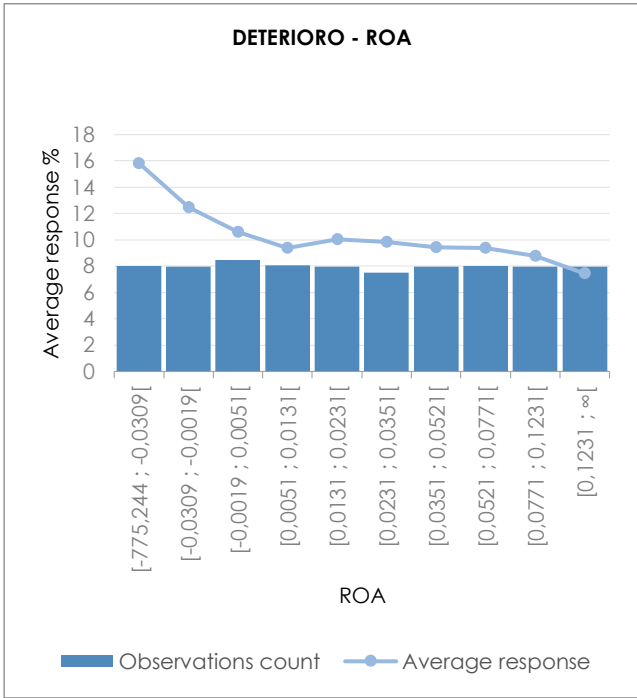
Por departamento, Gráfico 2 Deterioro por departamento, se realizó una agrupación por concentración dado que existen departamentos donde la cantidad de empresas de la muestra es mayor que en el resto y, por tanto, su exposición es más evidente, por lo tanto, se dejaron los que mostraban una cantidad considerable de empresas observadas. En este caso se encontró que departamentos como Cundinamarca, Atlántico, el Valle del Cauca y Santander presentan mayor exposición a no pagar sus obligaciones. Mientras que Antioquia es el departamento que presenta menor exposición, seguido de Bogotá D.C. y el resto del país que son aquellos que cuentan con poca información como se muestra en la Ilustración 2 Mapa observaciones.

Gráfico 3 Deterioro - ROE



Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

Gráfico 4 Deterioro - ROA

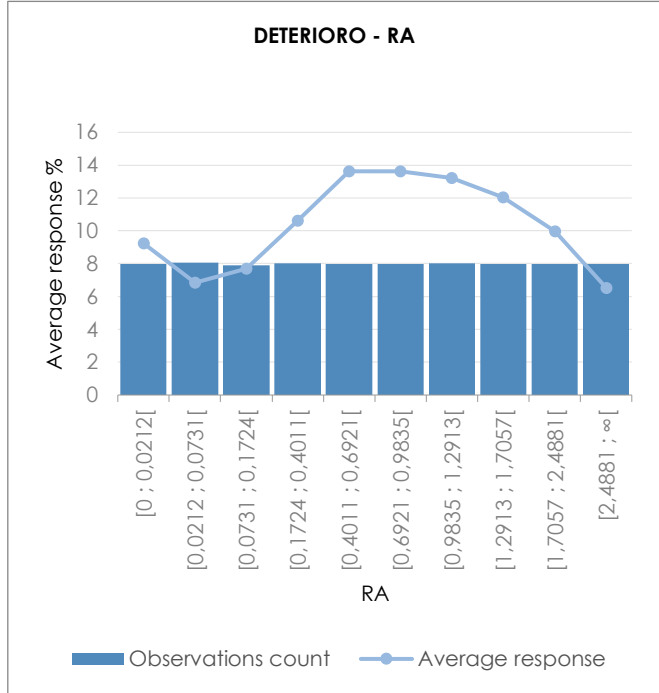


Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

Respecto al Retorno sobre el Patrimonio (ROE) en el Gráfico 3 Deterioro - ROE se evidencia que cuando el indicador se encuentra en rangos negativos por periodos de pérdidas o valores muy cercanos a 0, su exposición a las obligaciones vencidas es mucho mayor que en rango más altos donde se mantiene estable. Cuando el ROE se encuentra entre -968,84 y -0,07 su exposición es de 18% aproximadamente, mientras que valores mayores que 0,02 su exposición es del 10% aproximadamente, en promedio.

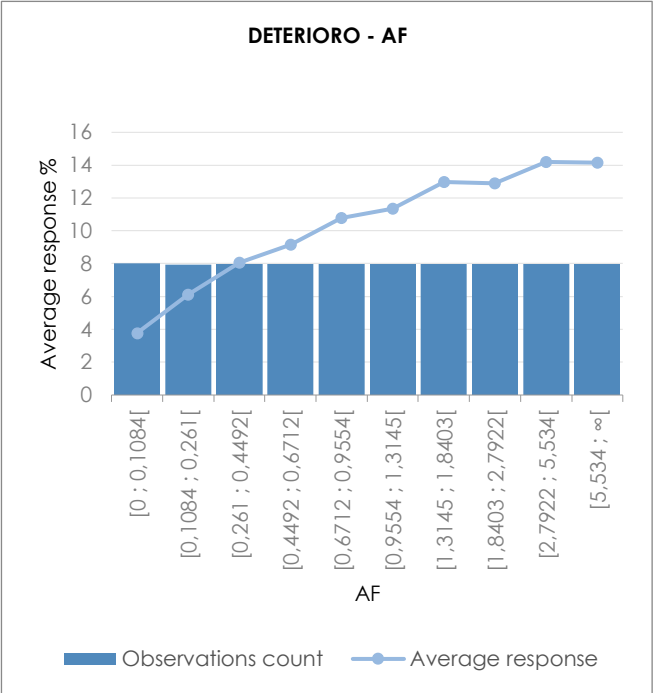
Con el Retorno sobre Activos (ROA), Gráfico 4 Deterioro - ROA, se encuentra que la exposición es menor respecto al ROE. Para valores de ROA muy bajos se traduce en exposiciones de hasta un 16% mientras que valores altos puede llegar a ser del 8%, en promedio, lo cual indica que el rendimiento de las empresas que obtiene de los activos presenta menor deterioro frente a sus obligaciones contraídas.

Gráfico 5 Deterioro - RA



Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

Gráfico 6 Deterioro - AF

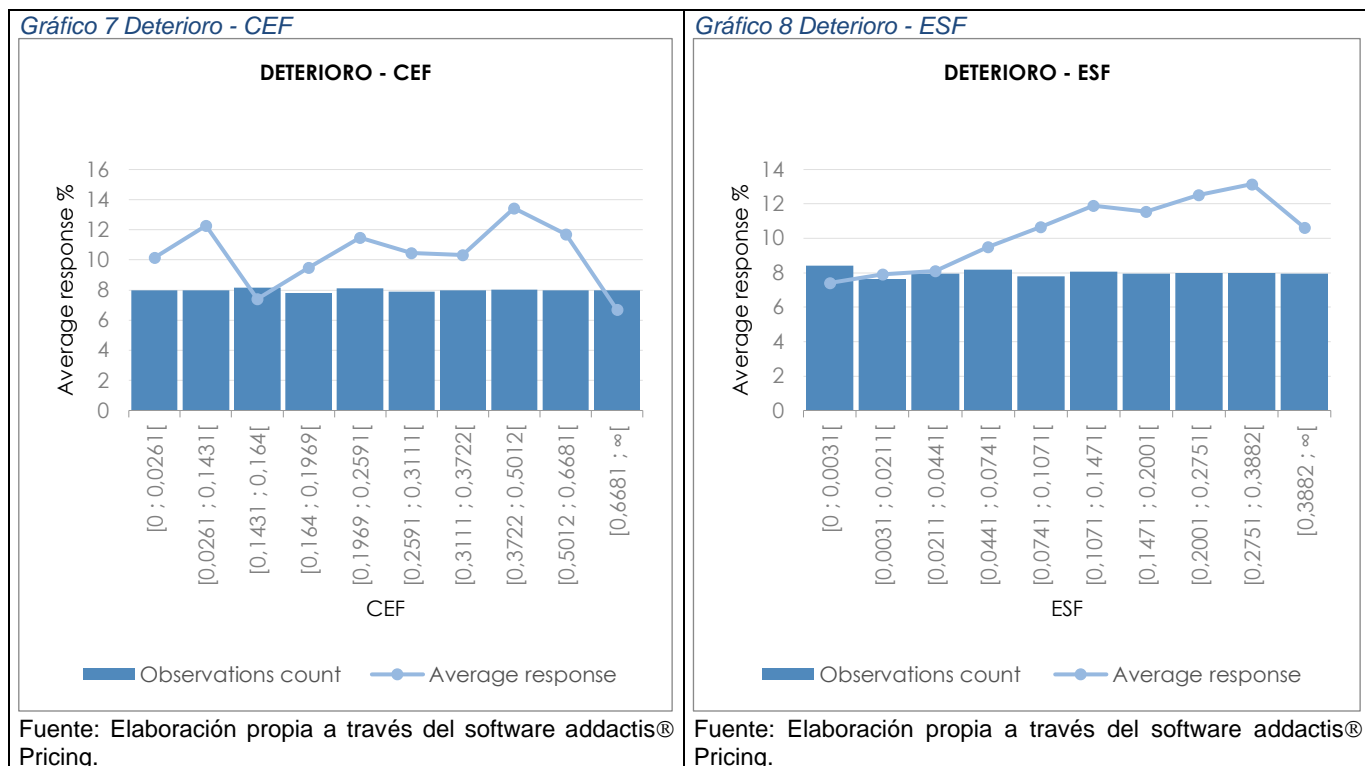


Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

La Rotación de los Activos (RA), Gráfico 5 Deterioro - RA, muestra que el deterioro no es estable a medida que aumenta este ratio, es decir, con valores bajos se llega a una exposición baja de hasta el 6% y con valores altos su exposición vuelve a bajar al mismo valor, con rangos de hasta el 14%, esto muestra que este ratio es altamente sensible a los ingresos operacionales de la empresa como de sus activos, entre más alto los activos están generando más ingresos y, por tanto, menor exposición a incumplir sus obligaciones.

Para el apalancamiento financiero (AF), Gráfico 6 Deterioro - AF, se observa que a medida que aumentan los pasivos sobre el patrimonio el nivel de exposición aumenta de manera constante, teniendo un mínimo de 3% y un máximo de 14%, aproximadamente. Lo cual

quiere decir que entre menor sea el respaldo de los recursos propios de la empresa frente a sus obligaciones, mayor es la propensión a incumplirlas.

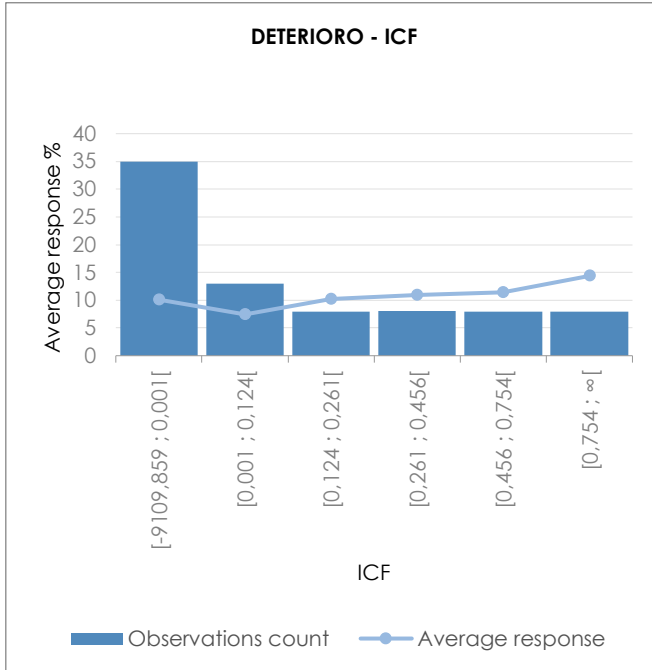


Para la concentración del endeudamiento financiero (CEF), Gráfico 7 Deterioro - CEF, se observa que el comportamiento no es consistente dado que a medida que aumenta la participación de las obligaciones con el sector financiero la exposición llega a un máximo y luego cae. Existen rangos donde una menor participación incurre en mayor exposición como en el segundo rango siendo del 12% mientras que rangos con mayor participación también logran mayor exposición como en el octavo rango siendo del 14%, pero que decae en los dos siguientes rangos llegando a un mínimo del 6%, aproximadamente.

Mientras que en el caso del Endeudamiento con el Sector Financiero (ESF), **Error! Reference source not found.**, se puede observar que a medida que aumentan las obligaciones financieras con respecto a los recursos disponibles de la empresa hay un mayor deterioro llegando a ser de más del 13%. Se puede decir que a medida que aumentan las obligaciones financieras de las empresas es más probable que la capacidad de los activos pueda respaldarlas sea menor.

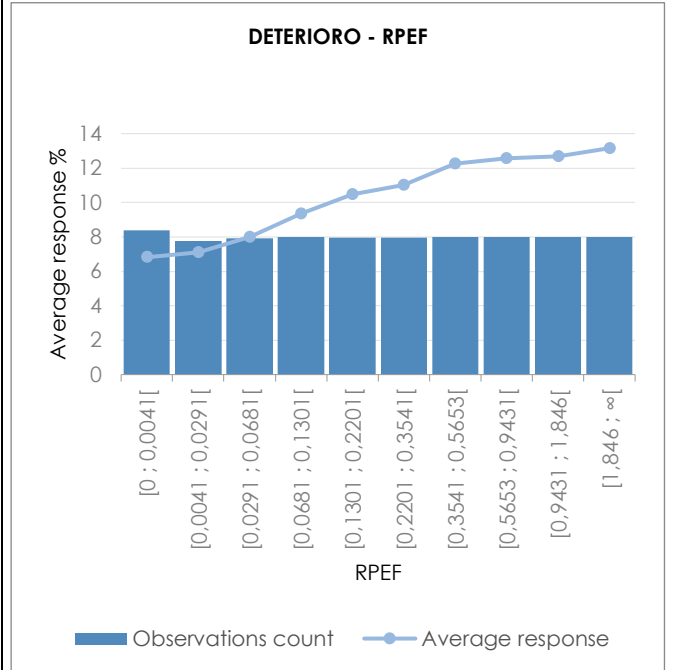


Gráfico 9 Deterioro - ICF



Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

Gráfico 10 Deterioro - RPEF



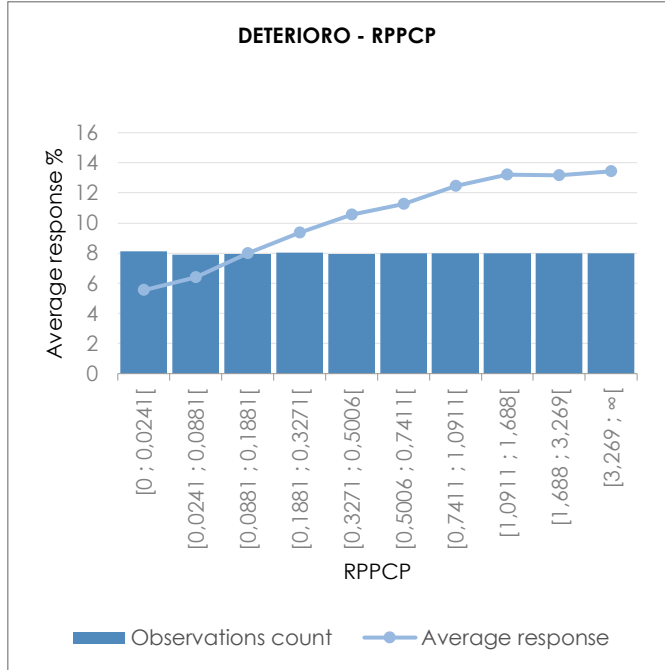
Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

Para el impacto de la carga financiera (ICF), Gráfico 9 Deterioro - ICF, se observa que dentro de los rangos hay consistencia con el deterioro de las obligaciones, dado que en el primer rango, cuando los valores son negativos debido a pérdidas en las actividades operacionales de las empresas existen deterioros más altos de cerca del 10%, cuando los costos financieros son bajos la exposición es baja cerca del 8% y cuando los costos aumentan, la exposición aumenta a más del 14%. Se podría decir que las empresas asumen más carga en sus costos financieros para no entrar en impago.

Específicamente, para las deudas contraídas con el sector financiero, el respaldo patrimonial (RPEF) aumenta la exposición a medida que aumentan las obligaciones financieras y, por ende, su exposición llegando a ser de un 13%, lo cual indica que las deudas con el sector financiero pueden llegar a ser mayores al patrimonio y no existir respaldo para pagarlas con los recursos propios, Gráfico 10 Deterioro - RPEF.

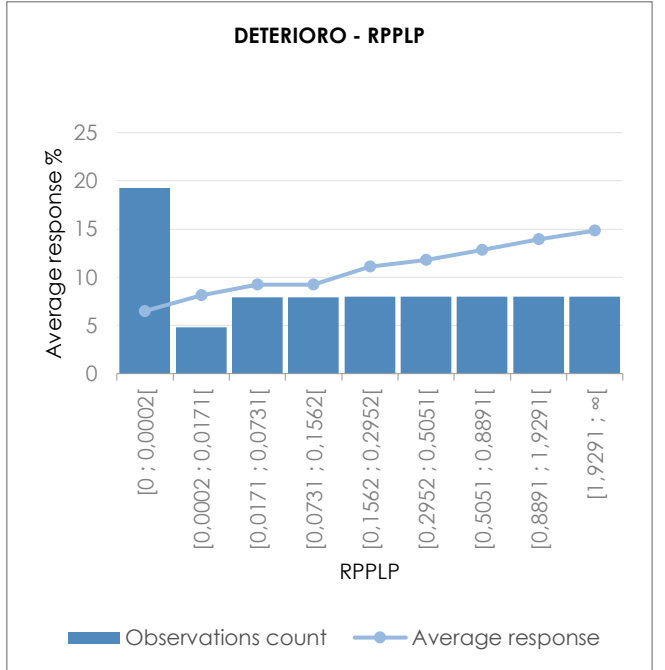
Para el respaldo patrimonial de los pasivos tanto de corto como de largo plazo (RPPCP- RPPLP), Gráfico 11 Deterioro - RPPCP y Gráfico 12 Deterioro - RPPLP, se observa que a medida que aumenta la participación de las deudas respecto a los recursos propios de la empresa es más propensa a no pagar sus obligaciones. Para deudas menores la exposición es del 6%, mientras que deudas mayores es de hasta el 15%. A su vez, se observa que el endeudamiento en el corto plazo es mayor que el de largo plazo dado que en el corto plazo este ratio muestra valores por encima de 3,3 veces el patrimonio, mientras que el largo plazo solo es de 2 veces. Lo cual indica que las empresas se endeudan más en el corto plazo.

Gráfico 11 Deterioro - RPPCP



Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

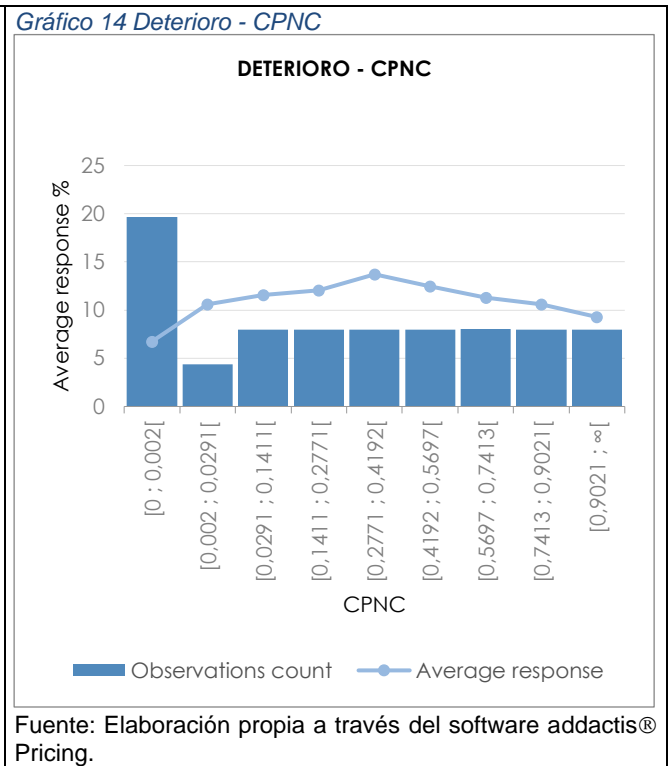
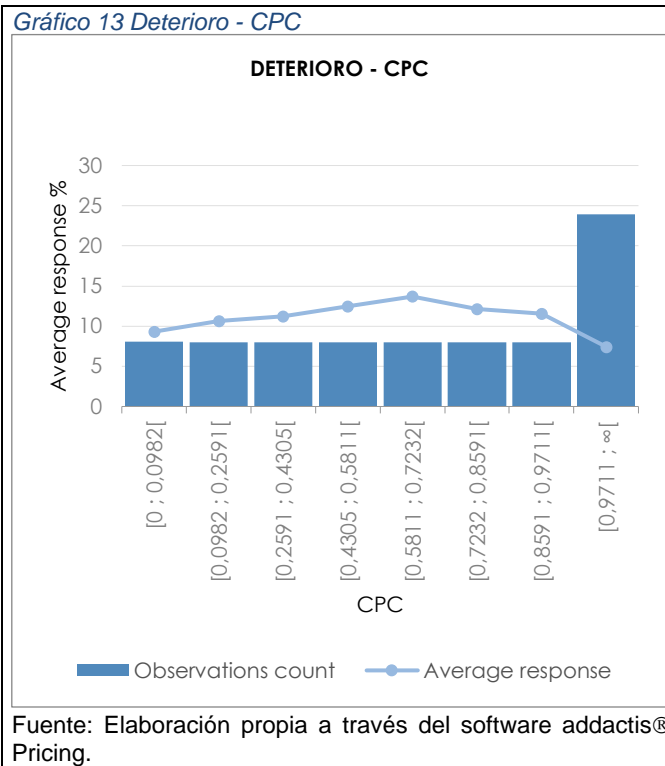
Gráfico 12 Deterioro - RPPLP



Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

En el caso de la concentración de los pasivos de corto y largo plazo (CPC-CPNC), Gráfico 13 Deterioro - CPC y Gráfico 14 Deterioro - CPNC, se observa que en el caso del corto plazo se oscila entre el 8% y 14%, en promedio y que una participación mayor puede incurrir en un mínimo del 7%, aproximadamente. Mientras que en el largo plazo se observa que una menor participación reduce la exposición a un 6% y que a medida que aumenta se

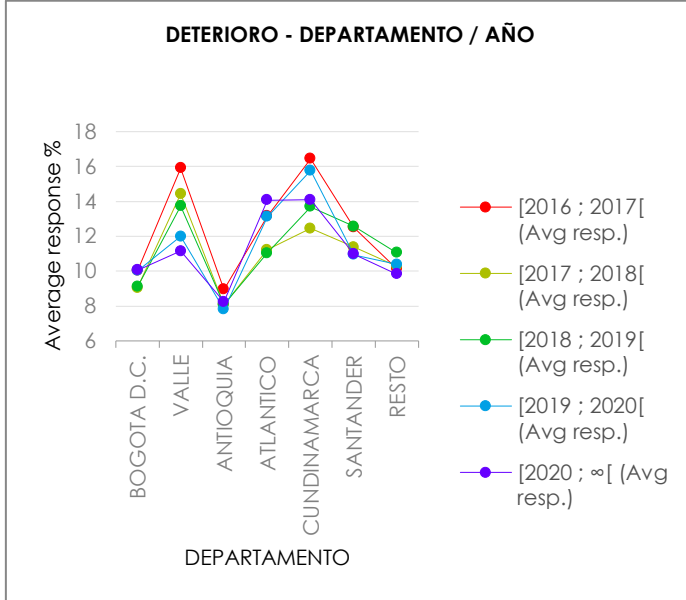
mantiene entre el 10% y 14%. Se observa de nuevo la mayor participación del corto plazo dado que llega a ser del 0,9 respecto a las deudas totales de las empresas.



#### 4.2.2 Análisis bivariado

En este apartado se realizó el análisis del comportamiento de cada uno de los indicadores por año para ver el nivel de exposición que tuvieron individualmente. En principio se espera un comportamiento atípico en el año 2020.

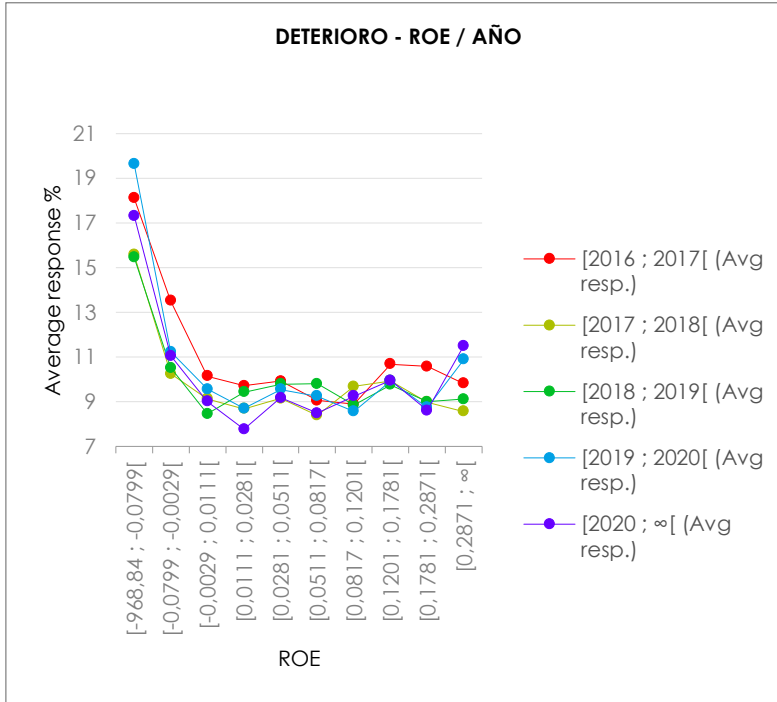
Gráfico 15 Deterioro - Departamento/Año



Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

Siguiendo la misma clasificación por departamentos, **Error! Reference source not found.**, se observa que años como 2016 y 2018 presentan picos de mayor deterioro con un máximo del 16%, pero que años como 2019 y 2020 presentaron comportamientos similares con una leve diferencia, se puede observar que en el año 2020 hay rangos de menor exposición y tal vez se puede intuir que las políticas de ayuda gubernamental para combatir la pandemia del covid-19 lograron mitigar la presencia de obligaciones vencidas. Estos efectos se pueden ver mejor en los siguientes gráficos.

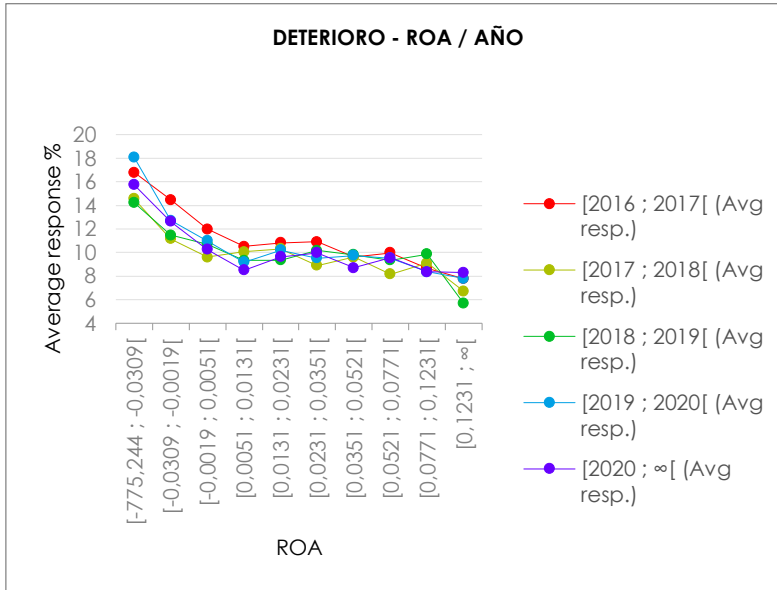
Gráfico 16 Deterioro - ROE/Año



Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

El Retorno sobre el patrimonio (ROE), **Error! Reference source not found.**, indica que el año 2016 fue el que mayor exposición presentó, aunque el margen respecto a los otros años no es tan significativo, manteniéndose alrededor del 10%. Para valores alto de este indicador se observa que los años 2019 y 2020 hubo un leve repunte de exposición por encima del 10%.

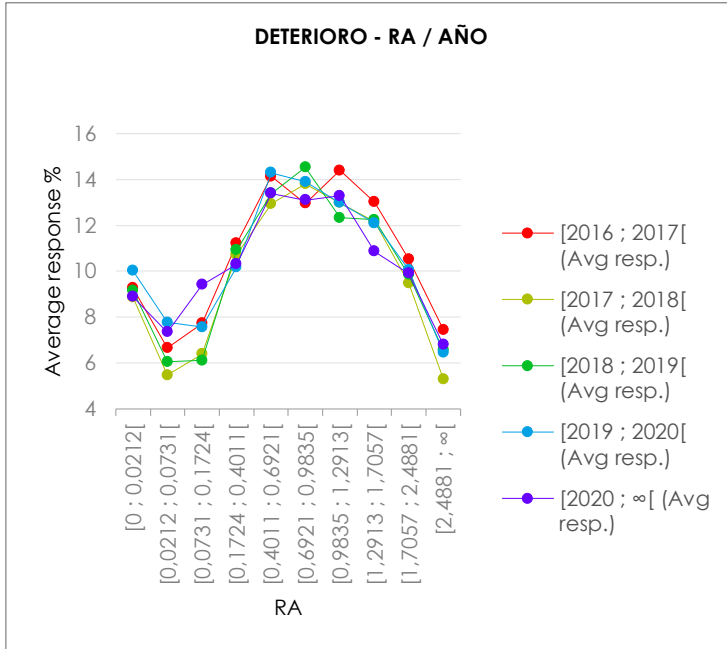
Gráfico 17 Deterioro - ROA/Año



Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

Con el Retorno sobre activos (ROA), **Error! Reference source not found.**, muestra que el rendimiento que se obtuvieron sobre los activos generó mayor exposición para el año 2016. A valores más bajos de este ratio, el año 2019 tuvo una exposición máxima del 18% y el año 2018 tuvo una exposición mínima del 14%, mientras que a valores más altos del ratio el año 2018 tuvo una exposición mínima del 6% y el año 2020 una exposición máxima del 8%.

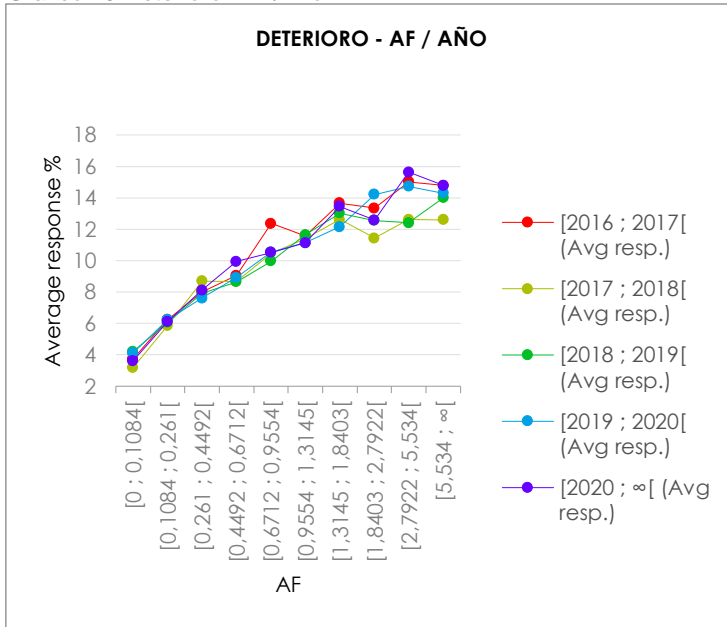
Gráfico 18 Deterioro - RA/Año



Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

En cuanto a la Rotación de activos (RA), **Error! Reference source not found.**, para ingresos operacionales cercanos a cero el año 2019 tuvo la mayor exposición siendo del 10%, en rangos entre 0,4 y 1,29 la exposición más alta estuvo tanto en los años 2016 como 2018 siendo del 14%, en el rango más alto de este indicador hubo una exposición entre el 6% y 8%. El año 2020 presentó un pico atípico donde el nivel de exposición fue de 10% cuando el resto tuvieron resultados del 8%.

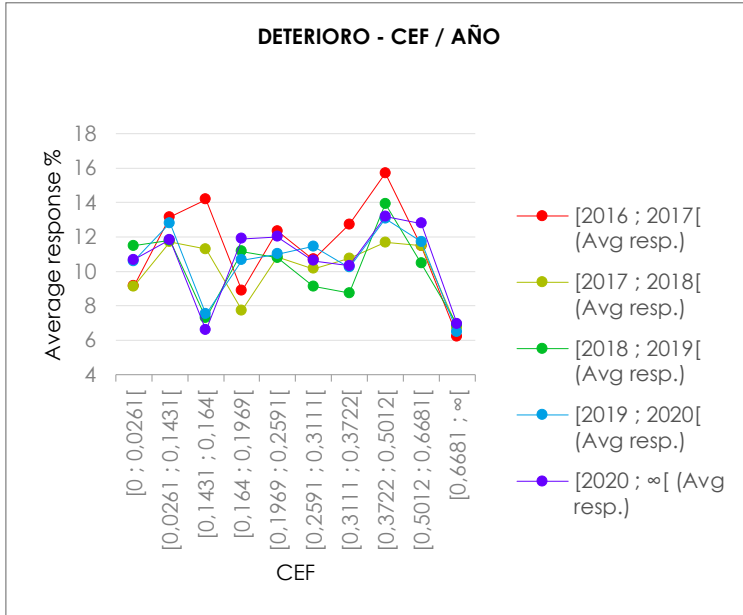
Gráfico 19 Deterioro - AF/Año



Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

El Apalancamiento financiero (AF), **Error! Reference source not found.**, a medida que aumenta la participación entre las deudas y los recursos propios de las empresas, se evidencia un mayor deterioro en las obligaciones vencidas, se observa un mínimo del 3% y un máximo del 16%. El año 2016 presenta un pico del 12% respecto a un 10% en los otros años y 2020 presenta un pico del 16% comparado con 2017-2018 del 12%, a su vez se observa que con participaciones más altas de las deudas de las empresas el año 2020 se posiciona como el año con mayor deterioro.

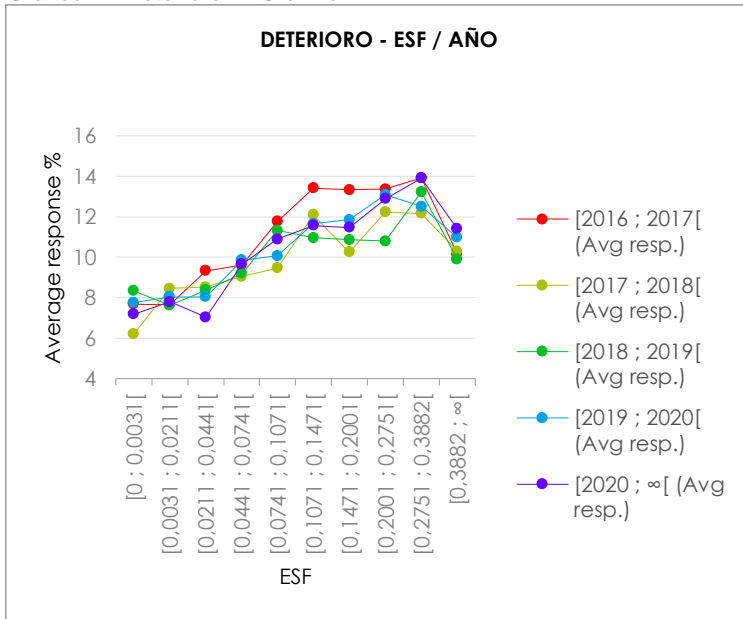
Gráfico 20 Deterioro - CEF/Año



Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

Para el caso de la Concentración de endeudamiento financiero (CEF), **Error! Reference source not found.**, el año 2016 fue el año que presentó mayor exposición con máximos del 14% y 16%. Mientras que el caso de 2019 – 2020 presentan comportamientos similares a medida que aumentan las obligaciones financieras respecto al total de sus obligaciones, siendo de entre el 6% y 13%. Se esperaría que el año 2020 tenga mayor endeudamiento financiero y que su participación frente a los pasivos totales sea mayor, sin embargo, se ve que el único año con mayor exposición fue el año 2016.

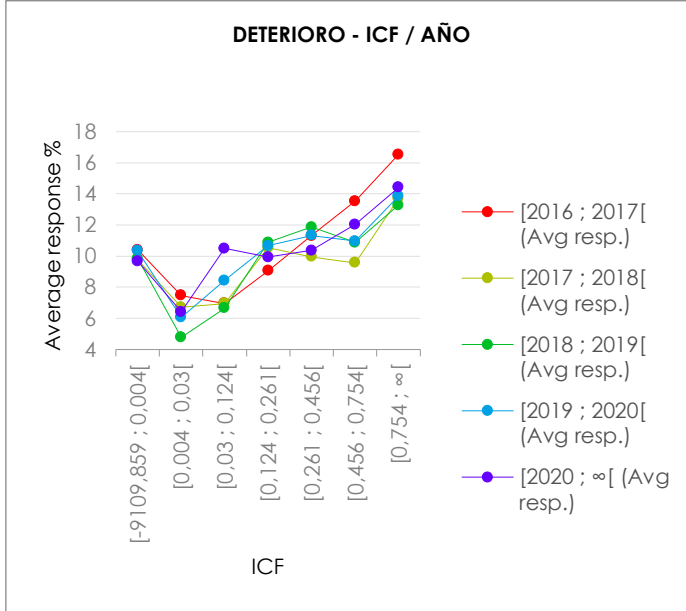
Gráfico 21 Deterioro - ESF/Año



Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

El endeudamiento con el sector financiero (ESF), **Error! Reference source not found.**, refleja que a medida que aumentan las obligaciones financieras de las empresas frente a sus recursos disponibles tienden a aumentar la propensión a no pagar sus obligaciones. El año 2016 se destaca por tener una mayor exposición de cerca del 14% en ciertos rangos respecto a un 11% con el resto de los años y que en el año 2020 se llegó a una exposición máxima del 14% dada una mayor participación de las obligaciones financieras, un resultado de la pandemia del covid-19 y de la poca capacidad de cubrirlas con los recursos disponibles.

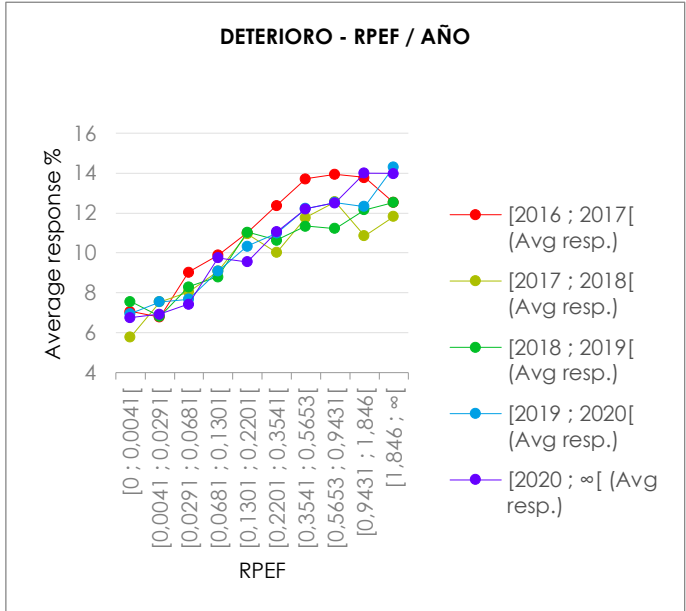
Gráfico 22 Deterioro - ICF/Año



Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

Para el impacto de la carga financiera (ICF), **Error! Reference source not found.**, en promedio tanto el año 2016 y 2020 tuvieron comportamientos atípicos respecto a los costos financieros. Para 2016, a medida que aumentan los costos financieros, la exposición creció de manera constante/lineal con un mínimo de 6% y un máximo del 16% y 2020, presentó picos mínimos de 6% y 10% y máximos de 10% y 12% en rangos donde la exposición era del 6% y 12% y 6% y 10%, respectivamente. Lo cual muestra que a medida que los costos fueron aumentando respecto a las ganancias operacionales, las empresas incurrieron en incumplimiento de sus obligaciones, lo cual indica que las empresas asumieron más carga financiera con el fin de no entrar en impago solventar el corto plazo a costo del mediano o largo plazo.

Gráfico 23 Deterioro - RPEF/Año

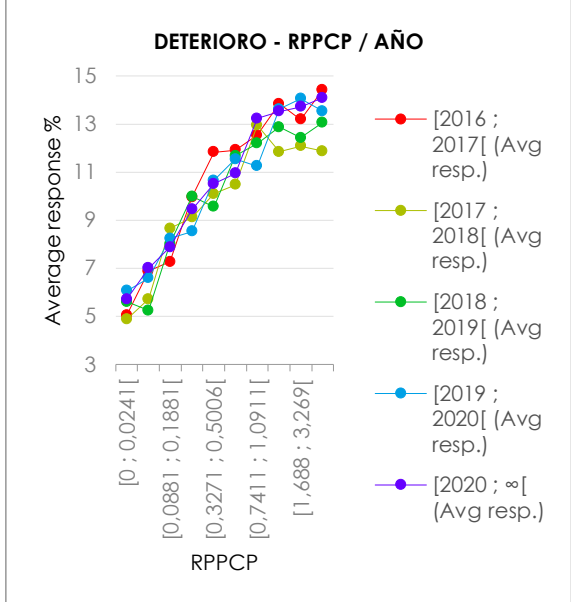


Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

En específico, las deudas contraídas con el sector financiero (RPEF), **Error! Reference source not found.**, arrojaron que tanto 2016 como 2020 fueron los años donde se presentó mayor propensión a no pagar sus obligaciones financieras, aunque el margen de exposición de estos dos años es de cerca del 2%, siendo el valor máximo de 14% para los dos años.

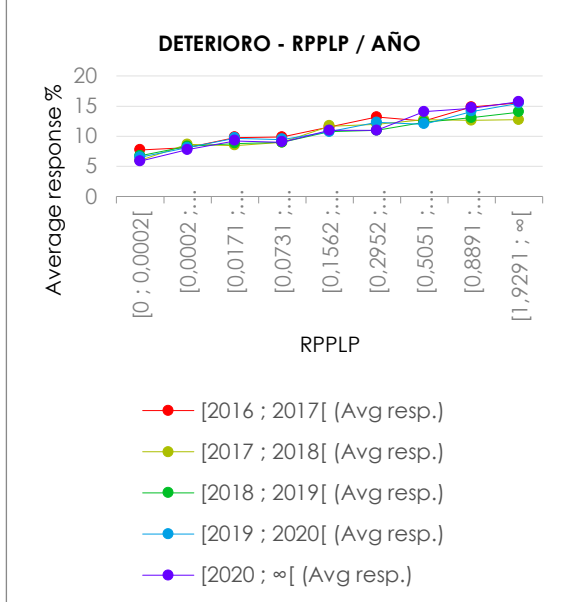


Gráfico 24 Deterioro - RPPCP/Año



Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

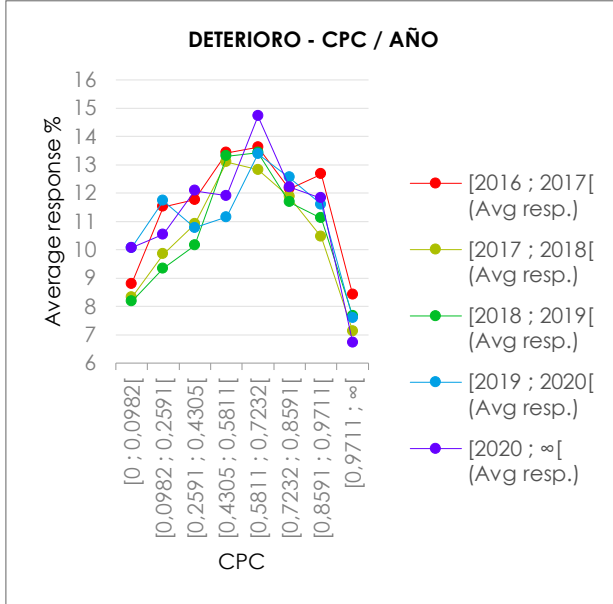
Gráfico 25 Deterioro - RPPLP/Año



Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

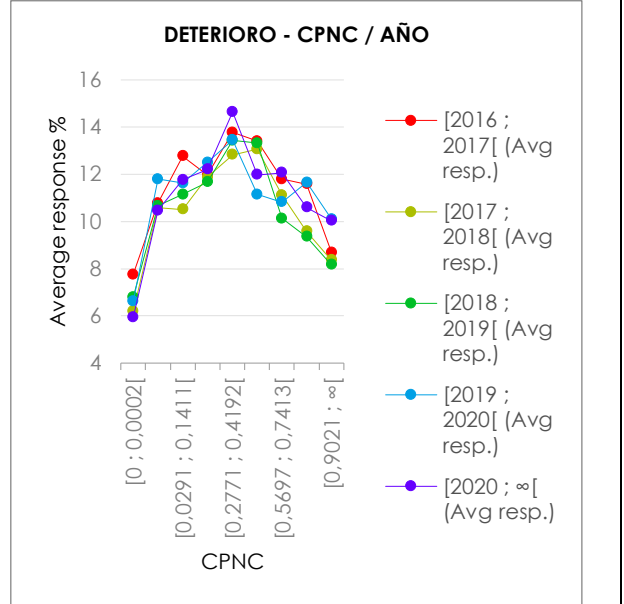
Para el respaldo patrimonial de los pasivos tanto de corto como de largo plazo (RPPCP-RPPLP), **Error! Reference source not found.** y **Error! Reference source not found.**, se observa que a medida que aumenta la participación de las deudas respecto a los recursos propios de la empresa es más propensa a no pagar sus obligaciones. Para el corto plazo, el año 2016 se ubica en ciertos rangos por encima del resto de años, lo cual indica que hubo un menor respaldo de recursos propios frente a las obligaciones de corto plazo. Para el largo plazo, entre más altos los pasivos no corrientes, mayor es la exposición para el año 2020, lo que indica que los recursos propios de las empresas se vieron afectados por el aumento de las deudas durante la pandemia del covid-19.

Gráfico 26 Deterioro - CPC/Año



Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

Gráfico 27 Deterioro - CPNC/Año



Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

En el caso de la concentración de los pasivos de corto y largo plazo (CPC-CPNC), **Error! Reference source not found.** y **Error! Reference source not found.**, se percibe que, tanto en el corto como en el largo plazo, la participación de las deudas y la exposición a incumplirlas es mayor en el año 2020 llegando a un máximo del 14% para los dos casos. Esto puede mostrar que las deudas en que se incurrieron y se incumplieron pudieron provenir en su mayor parte de otras fuentes, proveedores, empleados, impuestos, entre otros, además del sector financiero. Se puede llegar a intuir que para las empresas es más importante no incumplir sus obligaciones con el sector financiero, dada la relevancia que pueda tener su historial crediticio en caso de necesitar préstamos futuros, que no incumplir en cualquier otro aspecto que puede que no lo afecte tanto su reputación para seguir operando.

### 4.3 Presentación del modelo de riesgo crediticio seleccionado

Para la elección del modelo de riesgo crediticio que mejor se adapte al foco de estudio, se realizaron una serie de implementación de modelos. Para llevarlos a cabo se partió de las

variables seleccionadas, no correlacionadas mediante el método Cramer's V al 30%<sup>14</sup>. Las variables seleccionadas fueron Rotación de activos (RA), Apalancamiento financiero (AF), ROE, Concentración de endeudamiento financiero (CEF), Impacto en la carga financiera (ICF) y Concentración de pasivos no corrientes (CPNC). Respecto a las variables macroeconómicas se hará el análisis individualmente debido a que se encontró correlación del 100% entre estas.

Respecto a los datos, se realizó una partición entre datos de entrenamiento y prueba con el fin de obtener una mayor precisión a la hora de estimar la probabilidad de incumplimiento de las empresas, esta partición se realizó con 70% de los datos para entrenamiento y un 30% para pruebas.

Sobre los modelos que se ejecutaron fueron Logit, Probit y Cloglog. En total se ejecutaron 36 modelos donde se seleccionaron las variables más significativas al 5% a través de la prueba de significancia Type III, esta prueba a medida que se van agregando variables al modelo selecciona la siguiente más significativa dentro del conjunto variables y a su vez descarta las que no generan significancia al mismo.

En la construcción de los modelos se seleccionaron primero los indicadores financieros, bajo la prueba Type III, se estableció el orden para ingresar las variables, en cada uno de los modelos probabilísticos se encontraron que el orden fue el siguiente: AF, RA, CPNC, ROE, CEF e ICF. Cada una de estas variables se fueron introduciendo una a una con el fin de depurar el ruido en los rangos de cada una de ellas, es decir, el software arrojaba 5 rangos, pero 2 de ellos no eran significativos al 5% se optó por agregarlos o al rango base o al rango significativo más próximo, de esta manera al introducirse una nueva variable al modelo este vendría con las variables ya depuradas en cada uno de los rangos y con menos ruido. Luego de haber agregado todos los indicadores financieros, se agregó la variable geográfica, el software arrojó que no todos los departamentos eran significativos por lo que se fueron agrupando hasta que fueran significativos. Por último, se probaron las variables macroeconómicas individualmente, solo se encontró que la tasa de desempleo (TD) fue la única que arrojó rangos significativos a los tres tipos de modelos, por una parte, se entiende

---

<sup>14</sup> Para profundizar en más detalle sobre estas metodologías que se emplearon en la selección y evaluación del modelo dirigirse al anexo 2 donde se explican cada uno de los métodos empleados.

debido a que el desempleo es una variable que refleja en funcionamiento del aparato productivo de un país y, por otra parte, al no tener un amplio margen de exposición en términos de años esta es la única que podría recoger los efectos de un cambio significativo de una economía como es en este caso la pandemia del covid-19.

Dados los resultados encontrados se procedió a seleccionar el mejor modelo dentro de los 36 modelos ejecutados, para ello se tuvieron los siguientes criterios:

- Se tuvo en cuenta los criterios AIC y BIC como medida de bondad de ajuste de los modelos estimados.
- La curva ROC para la precisión de los modelos respecto al conjunto de datos de entrenamiento y prueba.

Teniendo en cuenta los 36 modelos ejecutados y los criterios de selección, el mejor modelo para este caso de estudio fue:

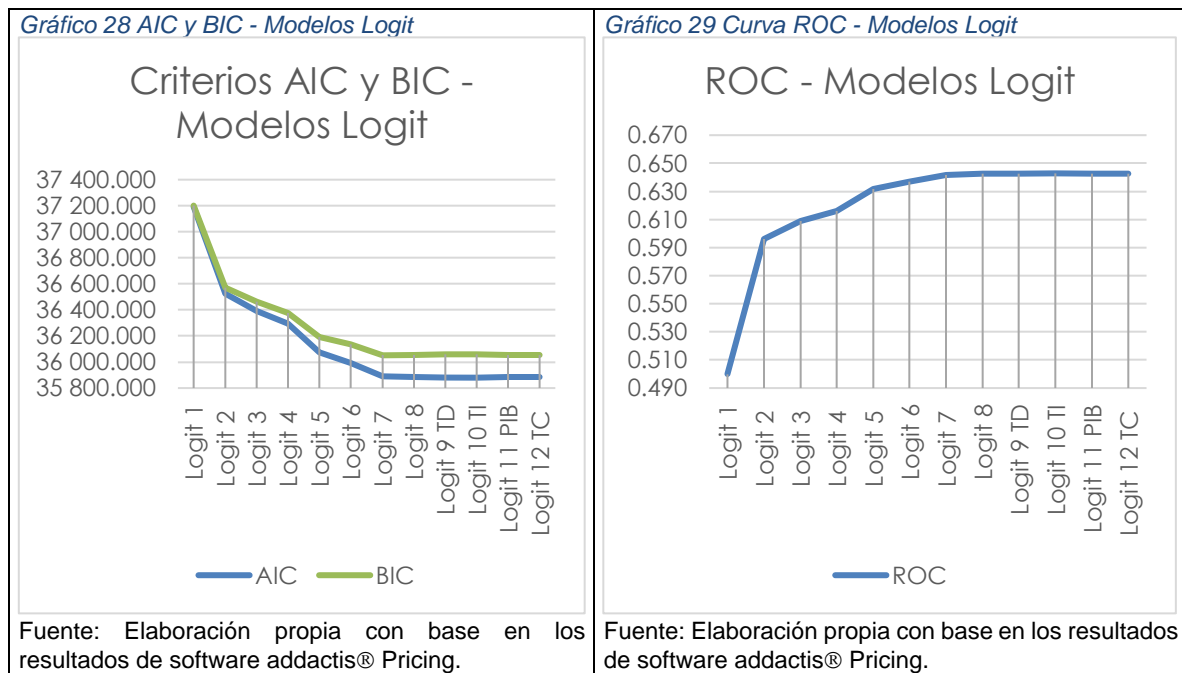
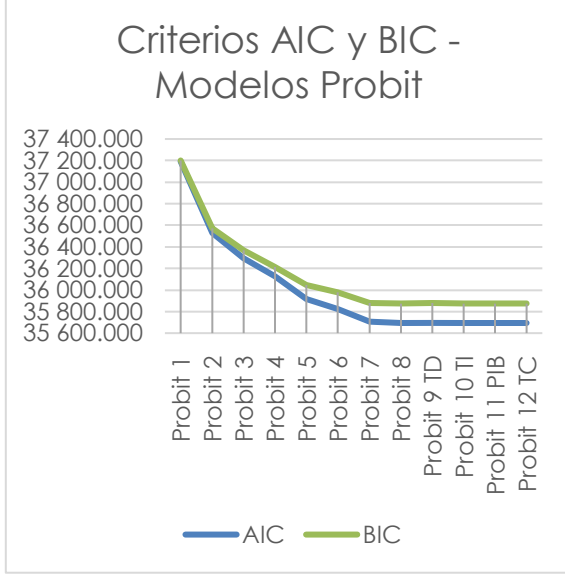
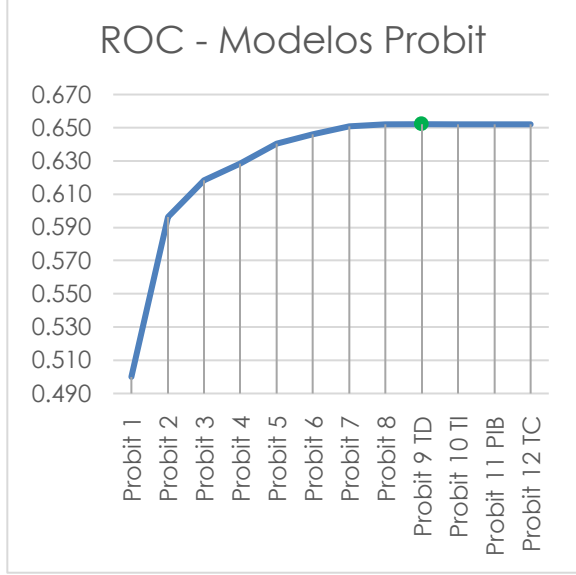


Gráfico 30 AIC y BIC - Modelos Probit



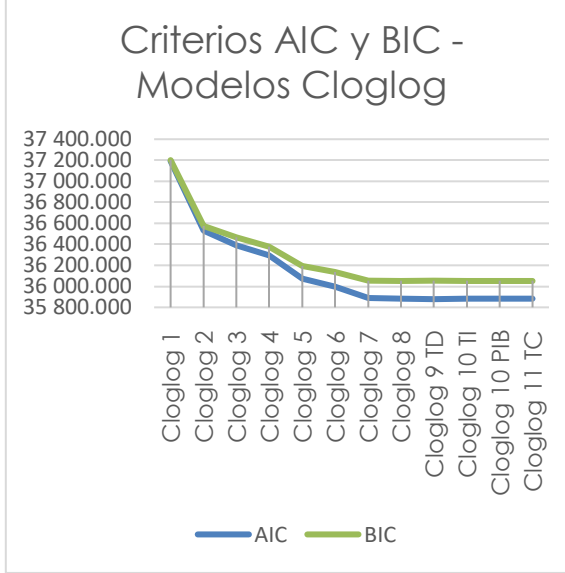
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de software addactis® Pricing.

Gráfico 31 Curva ROC - Modelos Probit



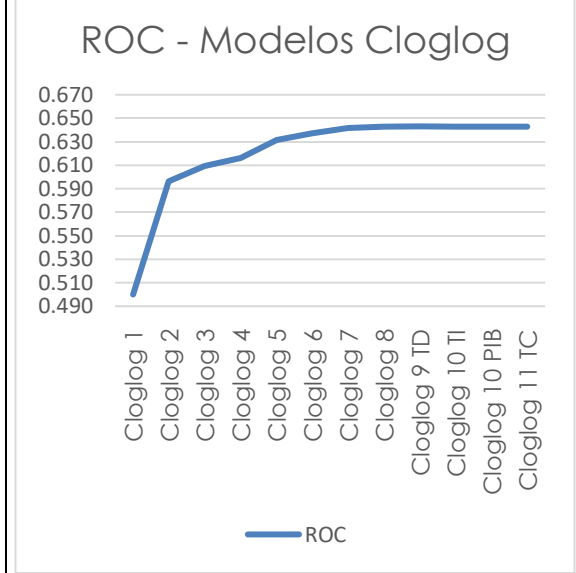
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de software addactis® Pricing.

Gráfico 32 AIC y BIC - Modelos Cloglog



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de software addactis® Pricing.

Gráfico 33 Curva ROC - Modelos Cloglog

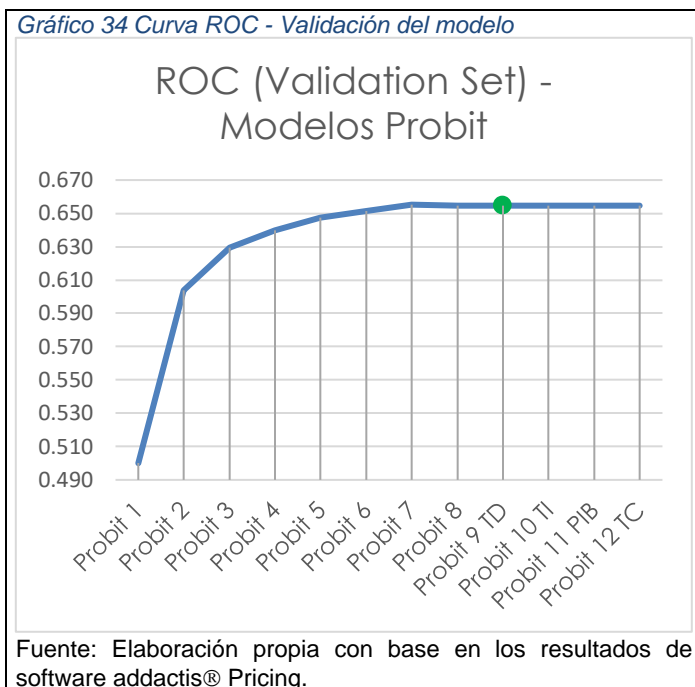


Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de software addactis® Pricing.

#### 4.4 Validación del modelo

Dada la selección del modelo Probit 9 TD, se realizó la respectiva validación del modelo frente al conjunto de datos de entrenamiento que corresponden al 30% de la base de datos

recopilada. Con este modelo se encontró que para los datos de entrenamiento el valor de la curva ROC es del 0,652 y para los datos de validación este valor corresponde al 0,655 lo cual indica que el modelo elegido es capaz de predecir la probabilidad de incumplimiento de parte de las empresas.



#### 4.5 Estimación del riesgo crediticio para la política “Unidos por Colombia”

Como el foco de estudio en este trabajo hace referencia a las garantías crediticias otorgadas por el FNG a MiPymes en el marco de la pandemia del covid-19, el objetivo es estimar el riesgo al que incurre por ser garante de estos créditos, sin embargo, este estudio presenta una limitación frente a los datos y por esta razón se incorpora un supuesto importante en esta estimación dado que la información sobre a qué empresas el FNG otorgó garantías no es pública y no es de fácil acceso, se asume que las empresas de la muestra publicada por la Superintendencia de Sociedades accedió a estas garantías y, por tanto, es a estas empresas a las que se le realizó el análisis de riesgo y posterior estimación de pérdidas a las que el FNG deberá cubrir con las garantías.

Aclarando lo anterior se procede con el modelo seleccionado para la estimación del riesgo crediticio, en este caso se puede evidenciar que el modelo Tabla 6 Modelo Probit seleccionado hace una estimación por rangos polinómicos de cada una de las variables,

estos rangos son claves para el análisis debido a que son un factor decisivo a la hora de determinar la propensión de las empresas a incumplir con sus préstamos.

Tabla 6 Modelo Probit seleccionado

Variable	Modality	Value	Standard error	Lower conf. limit	Upper conf. limit	Wald Chi-2	Pr > Chi-2
(constant)	(constant)	- 1,3657	0,0305	- 1,4254	- 1,3060	2 010,4305	0,0000
ROE	[-968,84; 0,0161[	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
ROE	[0,0161; 0,1061[	- 0,2341	0,0189	- 0,2712	- 0,1970	153,0684	0,0000
ROE	[0,1061; ∞ [	- 0,2546	0,0200	- 0,2937	- 0,2155	162,7259	0,0000
RA	[0; 0,4011[	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
RA	[0,4011; 0,9835[	0,1907	0,0214	0,1487	0,2327	79,2809	0,0000
RA	[0,9835; 1,7057[	0,1497	0,0233	0,1040	0,1954	41,1728	0,0000
RA	[1,7057; ∞ [	- 0,1052	0,0256	- 0,1554	- 0,0550	16,8626	0,0000
AF	[0; 0,261[	- 0,3907	0,0275	- 0,4446	- 0,3368	202,1528	0,0000
AF	[0,261; 0,6712[	- 0,1268	0,0235	- 0,1730	- 0,0807	29,0274	0,0000
AF	[0,6712; 1,3145[	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
AF	[1,3145; 2,7922[	0,1167	0,0222	0,0732	0,1603	27,6278	0,0000
AF	[2,7922; ∞ [	0,1683	0,0221	0,1250	0,2116	58,0085	0,0000
CEF	[0; 0,1551[	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
CEF	[0,1551; 0,2591[	- 0,0488	0,0214	- 0,0908	- 0,0069	5,2119	0,0224
CEF	[0,2591; 0,4341[	- 0,0887	0,0219	- 0,1316	- 0,0457	16,3585	0,0001
CEF	[0,4341; ∞ [	- 0,2203	0,0222	- 0,2638	- 0,1768	98,6281	0,0000
ICF	[-9109,859; 0,03[	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
ICF	[0,03; ∞ [	0,0598	0,0158	0,0289	0,0907	14,4108	0,0001
CPNC	[0; 0,0001[	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
CPNC	[0,0001; 0,1411[	0,2488	0,0252	0,1995	0,2981	97,7895	0,0000
CPNC	[0,1411; 0,4192[	0,3373	0,0242	0,2898	0,3847	194,2079	0,0000
CPNC	[0,4192; 0,7413[	0,2906	0,0249	0,2418	0,3394	136,2103	0,0000
CPNC	[0,7413; ∞ [	0,2118	0,0269	0,1590	0,2645	61,8780	0,0000
ID_ESP	5-11	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
ID_ESP	RESTO	0,0591	0,0176	0,0246	0,0936	11,2634	0,0008
ID_ESP	25-76	0,2179	0,0202	0,1783	0,2575	116,2342	0,0000
TD	[13,42; 14,072[	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
TD	[14,072; ∞ [	0,0291	0,0148	0,0001	0,0580	3,8756	0,0490

Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

Los resultados del modelo arrojaron que las variables se comportan de la siguiente manera:

- Al aumentar el ROE por encima del rango [-968,84; 0,0161], *ceteris paribus*, la probabilidad de incumplir con las obligaciones contraídas disminuye de un 8% a un 5% aproximadamente.
- Al aumentar la Rotación de Activos (RA) de 0 hasta el 1,705, *ceteris paribus*, aumenta la probabilidad de incumplir de un 8% a un 12%, pero si supera este valor la probabilidad disminuye de un 11% a un 7%, aproximadamente.
- Al disminuir el apalancamiento financiero (AF) de valores de [0,6712; 1,3145) hasta 0, *ceteris paribus*, la probabilidad de incumplimiento disminuye de un 8% a un 3%, mientras que, al aumentar a rango superiores del 1,3145, la probabilidad aumenta a un 11%, aproximadamente.
- Al aumentar la Concentración endeudamiento financiero (CEF) a medida que va aumentando de rangos superiores al 0,1551, *ceteris paribus*, la probabilidad de incumplir disminuye hasta un 5%, aproximadamente.
- Al aumentar el Impacto en la carga financiera (ICF) del rango [-9109,859; 0,03) a valores superiores al 0,03, *ceteris paribus*, la probabilidad de incumplir las obligaciones contraídas aumenta hasta un 10%, aproximadamente.
- Al aumentar la Concentración de pasivos no corrientes (CPNC) a valores superiores al 0,0001, *ceteris paribus*, la probabilidad de incumplir por parte de las empresas aumenta hasta un 15%, aproximadamente.
- La ubicación geográfica por departamento (ID\_ESPACIA) arroja que las empresas ubicadas en Antioquia y Bogotá tienen probabilidad de incumplir menos respecto al Resto de departamentos sin incluir a Cundinamarca y Valle del Cauca que presentan mayor probabilidad de un 9% y 12%, respectivamente.
- Al aumentar la tasa de desempleo (TD) si esta fue mayor a 14,072, *ceteris paribus*, la probabilidad de incumplir por parte de las empresas aumenta de un 8% a un 9%, aproximadamente.

Los resultados arrojados por el modelo concuerdan con lo esperado, a medida que aumentan las ganancias e ingresos por actividades ordinarias reflejados tanto en el ROE como el RA, respectivamente, la probabilidad de incumplimiento por las empresas disminuye. Mientras que, en caso de aumentar los pasivos y los costos financieros los indicadores AF, ICF y CPNC, la probabilidad de incumplir aumenta, se observa que el caso de CEF al disminuir el pasivo total, la probabilidad de incumplir disminuye. En caso de la

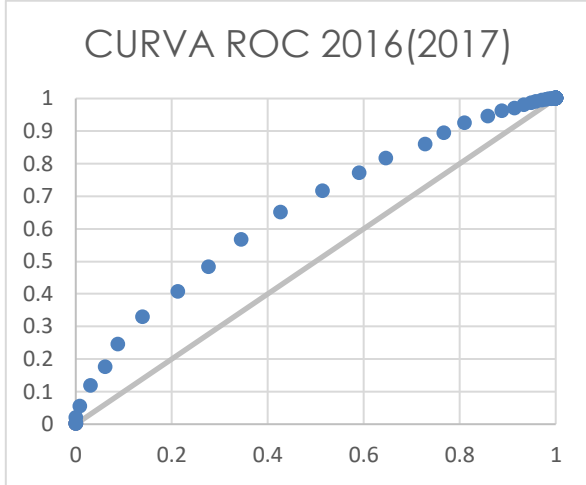


ubicación geográfica es determinante encontrarse en los principales departamentos para no incumplir con las obligaciones contraídas. Por último, la tasa de desempleo juega un papel determinante para que las empresas incumplan dado que es un indicador de que tan bien o mal en términos de productividad se encuentran, si por factores exógenos como en el caso de la pandemia del covid-19 las empresas deben cerrar la fuerza laboral es la primera afectada y, por lo tanto, un indicador de la salud financiera y económica.

#### **4.6 Back test del modelo**

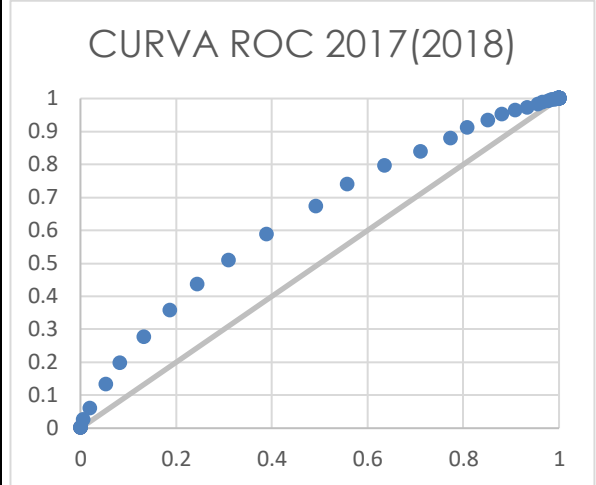
Como proceso de evaluación del modelo se lleva a cabo la ejecución del back test del modelo para ello se tuvo en cuenta la información de un año para determinar si el modelo fue capaz de predecir si las empresas entraron en incumplimiento al siguiente comparándolo con la información observada del siguiente año. Para mayor detalle determinó la probabilidad de incumplimiento de las empresas en el año 2016, luego se buscaron estas mismas empresas en el año 2017 y se analizó su incumplimiento observado de esta manera se establecieron umbrales para determinar la capacidad del modelo para predecir el incumplimiento de estas empresas, los resultados se encuentran las siguientes tablas.

Gráfico 35 Curva ROC 2016(2017)



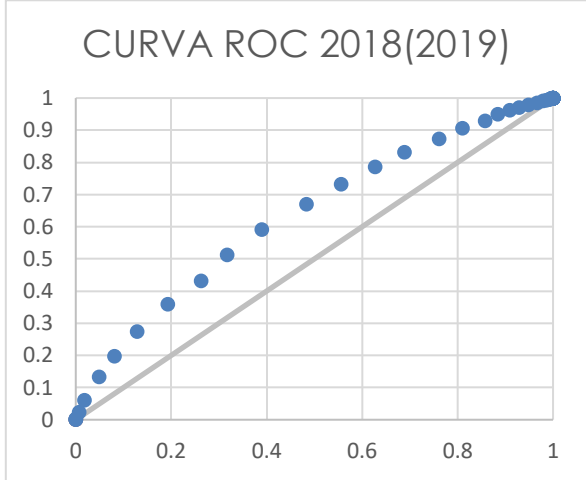
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 36 Curva ROC 2017(2018)



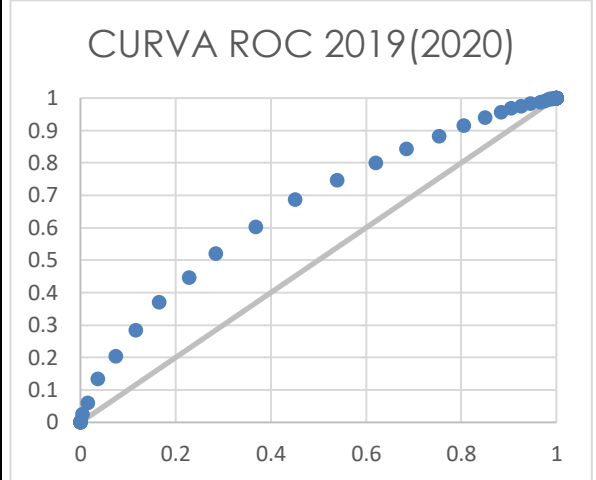
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 37 Curva ROC 2018(2019)



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 38 Curva ROC 2019(2020)



Fuente: Elaboración propia.

Para cada una de las curvas calculada se encontró el valor correspondiente a su AUC, respecto a la curva de 2016(2017) su valor es de 0,6795, 2017(2018) de 0,6634, 2018(2019) de 0,6610, 2019(2020) de 0,6872.

#### 4.7 Evaluación de los diferentes escenarios de perdidas

Para finalizar este análisis de riesgo crediticio se estimaron los escenarios de pérdidas en caso de incumplimiento por parte de las empresas que han obtenido préstamos con cobertura de garantía crediticia del FNG. Este cálculo se hizo para tres tipos de escenarios:

1. El primer escenario, es el escenario base, es decir, los resultados que arrojaron las empresas en 2020 respecto a su probabilidad de incumplimiento con las características de las variables recogidas.
2. El segundo y tercer escenario son aquellos escenarios donde la variable de Apalancamiento Financiero (AF) sufre un tipo de estrés. La elección de esta variable se debe a la prueba Type III del modelo que como anteriormente se explicó fue la variable con mayor significancia para los tres tipos de modelos que se ejecutaron, por lo tanto, se asume que esta variable es recoge los cambios que se puedan generar en términos de incumplimiento. El diseño de este escenario se define a través de los rangos de significancia que arrojó el modelo y se evalúa el cambio en probabilidades de incumplimiento si las empresas pasan de su rango inicial al siguiente, por ejemplo, si una empresa se ubicaba entre  $[0; 0,261[$  qué pasaría si sube al siguiente  $[0,261; 0,6712[$ . El segundo escenario se enfocará en el cambio del pasivo de corto, donde se mantienen constantes las cuentas no corrientes y otros pasivos corrientes diferentes a obligaciones financieras de corto plazo (OFCP), se define este escenario con el fin de ver el efecto de las deudas contraídas con el sector el sector financiero en el corto plazo dada las características de pérdidas por la pandemia del covid-19.
3. El tercero parte del mismo estrés que se le genera a la variable AF en el escenario 2 pero en este caso se quiere ver cuál es el efecto en el cambio de sus pasivos tanto de corto como de largo plazo. Donde el incremento porcentual del pasivo total se aplicará para los pasivos corriente y no corrientes enfocados específicamente en las cuentas OFCP y OFLP.

#### **4.7.1 Escenario base (escenario 1)**

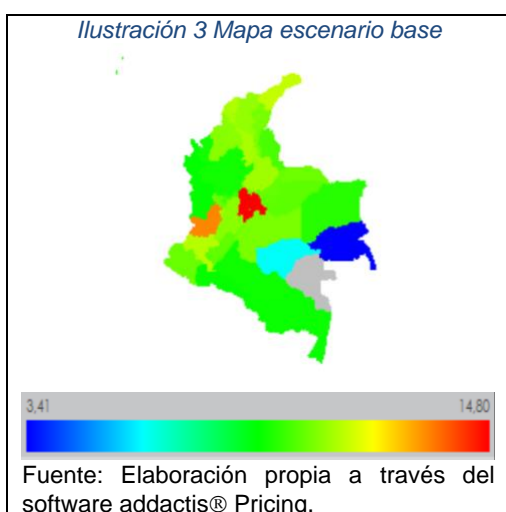
El escenario 1 arrojó que la probabilidad del incumplimiento promedio de las empresas es de un 10.59% y que la pérdida esperada de todas las empresas en caso de incumplimiento es de \$1.422.523.751, ahora bien, como el contexto de estudio son las garantías crediticias que otorga el FNG a MiPymes, en este caso como se mencionó anteriormente el total de las empresas son micro por lo que el porcentaje de cobertura de la garantía crediticia del FNG es del 90% del total de las pérdidas esperadas por el incumplimiento de las mismas el FNG se encargaría de cubrir un total de \$1.280.271.376.

Tabla 7 Escenario 1 de pérdidas

	Obligaciones vencidas total	Obligaciones vencidas promedio	Probabilidad de incumplimiento promedio	Pérdida esperada total	Cobertura del 90% de las pérdidas promedio	Cobertura del 90% de las pérdidas totales
Escenario 1	\$10.400.996.455	\$484.781	0,105934087	\$1.422.523.751	\$59.672	\$1.280.271.376

Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

Además, por departamento se observa que Bogotá y Antioquia son las regiones de menor probabilidad de incumplimiento mientras que Cundinamarca y Valle del Cauca son las regiones que más incumplen en sus obligaciones.



#### 4.7.2 Escenario 2

El escenario 2 mostró que la probabilidad de incumplimiento aumentó a un 22,89% y de un total de pérdidas esperadas de \$ 2.916.033.795, el FNG tendrá que cubrir \$ 2.624.430.416, lo cual muestra que el riesgo aumento un 104,9%.

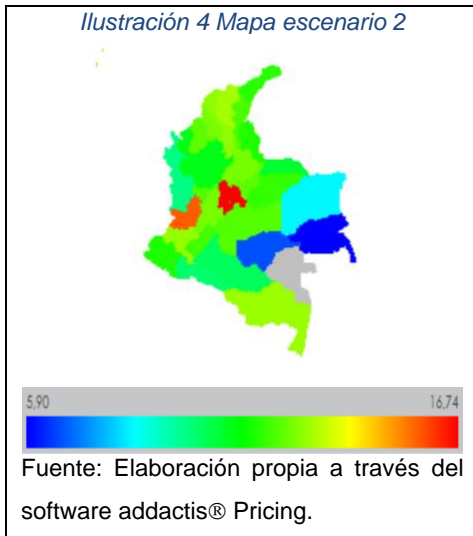
Tabla 8 Escenario 2 de pérdidas

	Probabilidad de incumplimiento promedio	Pérdida esperada total	Cobertura del 90% de las pérdidas promedio	Cobertura del 90% de las pérdidas totales	Variación del riesgo crediticio
Escenario 1	0,228941978	\$ 2.916.033.795	\$ 122.322	\$ 2.624.430.416	104,9%

Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

Por departamento se observa el mismo comportamiento que en el escenario 1, Bogotá y Antioquía aumentaron su probabilidad de incumplimiento a un 20,74%, Cundinamarca y

Valle del Cauca a un 30,165% y el resto del país a un 23,351%, lo cual es significativo en términos de pérdidas esperadas.



Estos resultados indican que el aumento de las obligaciones financieras de corto plazo implica que el riesgo de incumplimiento aumente a un 104,9% lo cual es aumento significativo de las coberturas que entregaría el FNG.

### 4.7.3 Escenario 3

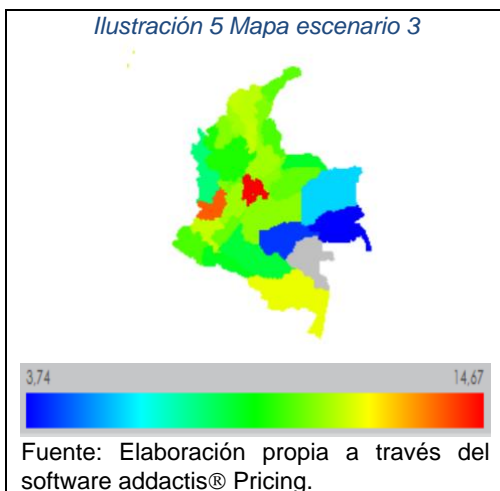
El escenario 3 muestra que la probabilidad de incumplimiento aumentó a un 21,137% y que la pérdida esperada total por incumplimiento es de un \$ 2.786.849.385 y la cobertura de estas pérdidas sería de \$ 2.508.164.447 siendo un aumento del 95,9% respecto al escenario base.

Tabla 9 Escenario 3 de pérdidas

	Probabilidad de incumplimiento promedio	Pérdida esperada total	Cobertura del 90% de las pérdidas promedio	Cobertura del 90% de las pérdidas totales	Variación del riesgo crediticio
Escenario 1	0,211374564	\$ 2.786.849.385	\$ 116.903	\$ 2.508.164.447	95,9%

Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

Por departamento, la probabilidad de incumplimiento más alta sigue siendo Cundinamarca y Valle del Cauca con un 28,094% mientras que el resto del país aumentó a un 21.734%.



Los resultados de los escenarios de ejecutados muestran que en principio el FNG deberá incurrir en el pago de \$1.280.271.376 para cubrir los préstamos otorgados por el sector financiero a las empresas que se vieron afectadas por la pandemia del covid-19. En un escenario donde las obligaciones financieras de corto plazo aumentan la cobertura sería de \$ 2.624.430.416 lo cual implica un aumento del riesgo crediticio del 104,9% y en el escenario donde tanto las obligaciones financieras de corto plazo como de largo plazo aumentan la cobertura sería de \$ 2.508.164.447 mostrando un aumento delo 95,9% en riesgo de incumplimiento. Estos escenarios muestran un efecto directo en incumplimiento y las obligaciones financieras de corto plazo, lo cual implica que en escenarios de crisis económicas las empresas incumplen más sus obligaciones financieras de corto plazo debido a la incertidumbre del efecto de la crisis y lo longevidad de esta. Para este caso de estudio al partir del supuesto con el cual se asume que las empresas estudiadas en esta base de datos solicitaron crédito con el sector financiero y les fue otorgado la garantía crediticia del FNG solo muestra que las pérdidas esperadas que deberán cubrir hacen parte de una muestra representativa de las microempresas colombianas y, por lo tanto, el gobierno nacional puede incurrir en un mayor volumen de pérdidas por incumplimiento dada la pandemia del covid-19.

Tabla 10 Resumen de los escenarios de incumplimiento

	Escenario base	Escenario 2	Escenario 3
Probabilidad de incumplimiento promedio	0,105934087	0,228941978	0, 211374564
Variación del riesgo crediticio	-	104,9%	95,9%

Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

## 5 Conclusiones y recomendaciones

La pandemia del covid-19 debilitó el sistema económico mundial. Puso en evidencia la alta dependencia comercial entre países y así mismo a la fragilidad en la que se encuentra el mundo. Las cifras de decrecimiento económico, las altas tasas de desempleo y el aumento de la pobreza extrema son indicadores de una crisis económica pronunciada. Como bien se puede denominar esta crisis es una “Parada repentina” término usado en la crisis mexicana pero que hoy en día es más que valida dado el argumento que plantea que “No es la velocidad lo que mata, es la parada repentina” y así con esta parada los países generaron una serie de medidas para mitigar el impacto de esta nueva crisis. En La Unión Europea, Reino Unido y EE. UU se generaron apoyo a la liquidez de las empresas y personas, financiación de programas de vacunación y bajas en las tasas de interés (Kirkegaard, 2020), (Harari, Keep, & Brien, 2021, pág. 48) y (CEPAL, 2020, pág. 23). Latinoamérica, se generaron alivios tributarios, pero en particular se crearon o se reforzaron fondos públicos para respaldar créditos a las empresas y Colombia no fue la excepción (CEPAL, 2020, págs. 127-128).

El Gobierno de Colombia optó por crear el programa “Unidos por Colombia” ligado al Fondo Nacional de Garantías con el fin de reactivar la economía en medio de la crisis generada por el covid-19. Con este programa, las MiPymes pueden acercarse a las entidades financieras relacionadas con el FNG, llenar los requisitos particulares de cada banco y así podrán acceder a esta cobertura junto con el crédito solicitado. Este programa no establece monto mínimo del crédito a cubrir y la entidad financiera se encarga de realizar todo el estudio de riesgo.

Para entender un poco estos sistemas, se encontró que este tipo de medidas son mecanismos llamados sistemas de garantías crediticias cuyo objeto es reactivar la

economía mediante el empuje a créditos a la oferta. Su modalidad es pública, aunque existe casos particulares de sistemas privados. Estos sistemas responden a un fallo de mercado, la barrera a la que se enfrentan muchas empresas a la hora de solicitar un préstamo, de esta manera los bancos ceden parte de su riesgo, proporcionan los préstamos y en caso de incumplimiento el sistema de garantía reembolsa su parte correspondiente (Cowling et al., 2017; Beck et al., 2010). Pese a todas las ventajas de este tipo de sistemas es importante tener en cuenta que al asumir el riesgo los gobiernos se enfrentan a tener una mayor exposición a riesgo de impago y un aumento del compromiso de financiamiento público afectando la sostenibilidad financiera de otros programas en el mediano y largo plazo. Casos específicos recopilados en la literatura muestran el efecto que se genera al implementar estos programas bajo contexto de crisis económica.

Dado el contexto de la pandemia del covid-19 y la poca información que se encuentra en Colombia sobre el riesgo de implementar estos programas es necesario determinar a qué nivel de riesgo se encuentra expuesto el gobierno si las empresas incumplen con sus créditos. Para ello este trabajo se basó en los modelos usados en los estudios del párrafo anterior y se determinó que un modelo glm binario se ajustaba a este caso de estudio por lo que se empleó modelo probit, logit y cloglog para observar el comportamiento de las empresas. Bajo este caso particular se incorporó variables macroeconómicas dado que se encontró evidencia del efecto de estos indicadores en el incumplimiento de los préstamos, como es el caso de Ecuador donde Myriam Urbina (2019) hace un estudio comparativo entre crisis económicas (crisis asiática y subprime) y determina que las variables macro (Tasa de interés real, tasa desempleo y ciclo económico) son explicativas del comportamiento de los créditos. Con esta premisa, estudia el ecuatoriano entre 2000 y 2018 periodo que abarca la crisis ecuatoriana de 2000-2001 y la subprime, analiza los datos incorporando un vector de variables macroeconómicas y confirma que en los periodos de crisis hubo mayores niveles de morosidad.

Bajo el contexto colombiano, este estudio partió de un supuesto importante dada la barrera de acceso a los datos, la información sobre las empresas que se acogieron a este programa es de carácter privado por lo que se optó por recopilar la información de la Superintendencia de Sociedades de las MiPymes que reportan ante esta entidad y



se asumió que estas empresas adquirieron préstamos con el sector financiero, se realizó tratamiento de los datos, se acotó el estudio a microempresas dada la limitación en la información y el periodo de estudio de 2016-2020. Se determinó que las empresas incumplen cuando sus obligaciones vencidas son mayores a 90 días y se construyeron indicadores financieros que den cuenta del estado de las empresas. A partir de esto se realizó un análisis descriptivo y del modelo sobre cada una de las variables, los resultados encontrados fueron:

- El periodo de estudio no solo recogió el impacto de la crisis de la pandemia del covid-19 sino que también capturó la caída del PIB que se presentó entre 2016 y 2017 por la caída de los precios de los hidrocarburos. Por departamento se encontró que Cundinamarca, Atlántico, Valle del Cauca y Santander son los que tienden a no pagar sus obligaciones financieras comparado con Antioquia y Bogotá D.C. Los indicadores ROE y ROA presentan comportamientos similares donde en valores negativos su nivel de incumplimiento tiende a ser alto mientras que a medida que aumenta el valor de estos indicadores, este nivel tiende a disminuir. Con AF se observa que el aumento de los pasivos sobre el patrimonio tiende a aumentar el nivel de exposición. Con ESF se encuentra que a medida que aumentan las obligaciones financieras respecto a sus recursos disponibles, se presenta un creciente deterioro de estas y que a un mayor costo de las obligaciones reflejado en ICF muestra que las empresas tienden a incumplir con sus obligaciones financieras. Específicamente, el año 2020 mostró que el AF fue el año con mayor deterioro, en el largo plazo con RPPLP se observó que entre más altos fueron los pasivos no corrientes, mayor fue la exposición, indicando que los recursos propios de las empresas se vieron afectados por el aumento de las deudas durante la pandemia del covid-19 y que la participación de las deudas de corto y largo plazo respecto a la deudas totales mostró que en este año se generó una mayor exposición a incumplir con las obligaciones, sin embargo, este deterioro se debe a otros tipos de deudas como proveedores, empleados, impuestos dado que con el sector financiero no se vio este comportamiento, lo cual implica que las empresas en este año tendieron a incumplir sus obligaciones no relacionadas con el sector financiero, dada la relevancia que puede tener el historial crediticio en medio de una crisis.

- Los resultados arrojados por el modelo concuerdan con lo esperado, a medida que aumentan las ganancias e ingresos por actividades ordinarias reflejados tanto en el ROE como el RA, respectivamente, la probabilidad de incumplimiento por las empresas disminuye. Mientras que, en caso de aumentar los pasivos y los costos financieros los indicadores AF, ICF y CPNC, la probabilidad de incumplir aumenta, se observa que el caso de CEF al disminuir el pasivo total, la probabilidad de incumplir disminuye. En caso de la ubicación geográfica es determinante encontrarse en los principales departamentos para no incumplir con las obligaciones contraídas. Por último, la tasa de desempleo juega un papel determinante para que las empresas incumplan dado que es un indicador de que tan bien o mal en términos de productividad se encuentran, si por factores exógenos como en el caso de la pandemia del covid-19 las empresas deben cerrar la fuerza laboral es la primera afectada y, por lo tanto, un indicador de la salud financiera y económica.
- Se realizaron escenarios de estrés sobre las variables más significativas. En 2020 bajo el escenario base las empresas tienden a incumplir en 10,59% y que la pérdida esperada fue de \$1.422.523.751, a su vez con el contexto del FNG y al ser microempresas la cobertura de la garantía es del 90% por lo que el FNG se encargaría de cubrir \$1.280.271.376. Bajo el segundo escenario, donde las empresas aumentaban en un rango de su AF, donde el cambio recae en las obligaciones en el corto plazo, se encontró que tan solo con este cambio, la variación del riesgo crediticio aumentó a un 104,9% lo cual es un cambio significativo porque dada la pandemia covid-19 el FNG no tendría que cubrir \$1.280.271.376 sino \$ 2.624.430.416 del incumplimiento de las empresas. Y bajo el tercer escenario con aumento de rango del AF y los cambios recaen tanto en corto como en largo plazo, en este caso la variación del riesgo crediticio es del 95,9% y las pérdidas cubiertas con la garantía es del \$ 2.508.164.447.

Con base en el análisis efectuado se encontraron resultados similares a los estudios relacionados sobre la implementación de este tipo de sistemas de garantías crediticias que si bien generan efectos positivos en la adquisición de créditos para las empresas también se encuentra que estas coberturas logran potenciar el incumplimiento por parte de las empresas, a su vez, se logra corroborar que el efecto macroeconómico es un determinante importante a la hora de incumplir o no los créditos ya que el deterioro de

las obligaciones está fuertemente relacionado con el ciclo económico en el que se encuentran los países y que por tanto, una crisis puede potencializar el impago de los créditos. En este caso de estudio con el contexto de la pandemia del covid-19 se encontró que el nivel de riesgo al que se expone el gobierno nacional al implementar este programa es alto, es decir, según los escenarios de estrés realizados un cambio en un aumento de los pasivos en las empresas puede llegar a incrementar el riesgo de incumplimiento por encima del 100%, lo cual representa una presión sobre las finanzas del estado porque no se está consiguiendo la reactivación económica esperada. En otras palabras, es riesgoso para el gobierno nacional la implementación del programa de garantías crediticias del FNG en el marco de la pandemia del covid-19 como mecanismo de reactivación económica.

Para trabajo futuros, al tener un mayor horizonte temporal se podrán incorporar variables macroeconómicas que den cuenta del deterioro de las obligaciones contraídas por las empresas en medio de una crisis económica como la causada por el covid-19 dentro de la revisión de la literatura se encontraron trabajos que dan cuenta de la importancia de incorporar variables macroeconómicas para determinar el deterioro de las obligaciones financieras como el trabajo realizado por Myriam Urbina (2019) donde analiza el caso ecuatoriano entre 2000-2018, sus resultados mostraron la sensibilidad respecto a las crisis que se han presentado en estos años.

Se podría mejorar la estimación de los modelos si se tuviera acceso a la información de las empresas que accedieron al programa “Unidos por Colombia” donde se podría realizar un análisis diferencial del impacto que tuvo para los diferentes tamaños de empresas dada las características en que fue diseñado el programa y que por la limitación de la información solo fue posible hacer análisis para microempresas.

A pesar de la limitación en la información y las prórrogas y ayudas generadas por la pandemia en el pago de sus deudas, a pesar de esto fue posible observar el deterioro con los diferentes escenarios y cómo el gobierno nacional se vería expuesto a un deterioro en sus finanzas con la ejecución de este programa.

## 6 Bibliografía

- BM. (8 de Junio de 2020). La COVID-19 (coronavirus) hunde a la economía mundial en la peor recesión desde la Segunda Guerra Mundial. *Banco Mundial*.
- Harari, D., Keep, M., & Brien, P. (2021). *Coronavirus: Economic impact*. UK Parliament. Commons Library Research Briefing.
- Sanchez, J. M. (11 de Agosto de 2021). *COVID-19's Economic Impact around the World*. Recuperado el 09 de 2021, de Federal Reserve Bank of St. Louis.: <https://www.stlouisfed.org/publications/regional-economist/third-quarter-2021/covid19s-economic-impact-world>
- Jackson, J., Weiss, M., Schwarzenberg, A., Nelson, R., Sutter, K., & Sutherland, M. (Septiembre de 2021). *Global Economic Effects of COVID-19*. Obtenido de Congressional Research Service: <https://crsreports.congress.gov>
- UMAC, U. M. (2020). *IMPACTO DE LA PANDEMIA COVID-19 SOBRE LA ECONOMÍA COLOMBIANA. UNA PANDEMIA TEMPORAL CON EFECTOS PERMANENTES*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Económicas. Bogotá D.C: Centro de Investigaciones para el Desarrollo - CID.
- CEPAL. (2021). *Financiamiento para el desarrollo en la era de la pandemia de COVID-19 y después*. Obtenido de CEPAL: <http://hdl.handle.net/11362/46710>
- Janse, K. A. (10 de Agosto de 2020). What we can learn from Europe's response to the COVID-19 crisis. *World Economic Forum*.
- Kirkegaard, J. F. (13 de Julio de 2020). The European Policy Response to the Covid-19 Pandemic. *Peterson Institute for International Economics*.
- Orlowski, L. T. (2020). The 2020 Pandemic: Economic repercussions and policy responses. *Review of Financial Economics*, 1-7.
- CEPAL. (2020). *Impacto del COVID-19 en la economía de los Estados Unidos y respuestas de política*. Obtenido de CEPAL: <http://hdl.handle.net/11362/45981>

- CEPAL. (2020). *Estudio Económico de América Latina y el Caribe: Principales condicionantes de las políticas fiscal y monetaria en la era pospandemia de COVID-19*. Obtenido de CEPAL: <http://hdl.handle.net/11362/46070>
- Nieto, F. (15 de Abril de 2020). La política monetaria ante la crisis. *Universidad Externado de Colombia*.
- Dornbusch, R., Goldfajn, I., & Valdés, R. O. (1995). Currency Crises and Collapses. *Brookings Papers on Economic Activity*, 2, 219-292.
- Sandstrom, A. (2011). Handbook of Solvency for Actuaries and Risk Managers: Theory and Practice. En A. Sandstrom. Chicago.
- Minsky, H. P. (1977). The Financial Instability Hypothesis: An Interpretation of Keynes and an Alternative to "Standard" Theory. *Journal Challenge*, 20, 20-27.
- Dirk Hackbartha, J. M. (2006). Capital structure, credit risk, and macroeconomic conditions. *Journal of Financial Economics*, 82, 519-550.
- Demirguc-Kunt, A. R. (2013). Finance, Financial Sector Policies, And Long-Run Growth. *Policy Research Working Papers*, 1-83.
- Didiera, T., Huneeusb, F., Larrainc, M., & Schmukler, S. (2021). Financing firms in hibernation during the COVID-19 pandemic. *Journal of Financial Stability*, 53, 1-14.
- McNeil, A., Frey, R., & Embrechts, P. (2015). Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques and Tools - Revised Edition (Princeton Series in Finance). Princeton Series in Finance.
- Cuadra, G., Sanchez, J., & Sapriza, H. (2010). Fiscal policy and default risk in emerging markets. *Review of Economic Dynamics*, 13, 452-469.
- Borio, C., & Zhu, H. (2012). Capital regulation, risk-taking and monetary policy: A missing link in the transmission mechanism? *Journal of Financial Stability*, 82, 519-550.
- Ashraf, B., & Shen, Y. (2019). Economic policy uncertainty and banks' loan pricing. *Journal of Financial Stability*, 44, 1-12.

- Cowling, M., Ughetto, E., & Lee, N. (2017). The innovation debt penalty: cost of debt, loan default, and the effects of a public loan guarantee on high-tech firms. *Technological Forecasting and Social Change*.
- Cowan, K., Drexler, A., & Yañez, Á. (2009). The Effect of Credit Insurance on Liquidity Constraints and Default Rates: Evidence From a Governmental Intervention. *Working Papers Central Bank of Chile 524, Central Bank of Chile*.
- Caselli, S., Corbetta, G., Cucinelli, D., & Rossolini, M. (2021). A survival analysis of public guaranteed loans: Does financial intermediary matter? *Journal of Financial Stability, Volume 54*.
- Corredera-Catalán, F., Pietro, F., & Trujillo-Ponce, A. (2021). Post-COVID-19 SME financing constraints and the credit guarantee scheme solution in Spain. *Journal of Banking Regulation, 22(6)*, 250-260.
- Arcuri, M. C., Gai, L., & Ielasi, F. (2019). Italian Central Guarantee Fund: An Analysis of the Guaranteed SMEs' Default Risk. *International Journal of Business, Human and Social Sciences, 13(4)*.
- Fidrmuc, J., & Hainz, C. (2010). Default rates in the loan market for SMEs: Evidence from Slovakia. *Economic Systems, 34*, 133-147.
- Green, A. (2003). Credit guarantee schemes for small enterprises: an effective instrument to promote private sector-led growth? *U. Nations Ind. Dev. Organ. SME Tech. Work., Pap No. 10*.
- Superintendencia Financiera de Colombia. (26 de 11 de 2014). Circular Externa 032 de 2014. *Capítulo II - Reglas relativas a la gestión del riesgo crediticio*. Bogotá D.C, Colombia.
- Urbina, M. (octubre-diciembre de 2019). Riesgo de crédito: Evidencia en el sistema bancario ecuatoriano. *Boletín de Coyuntura(23)*, 4-9.
- Castro, V. (2013). Macroeconomic determinants of the credit risk in the banking system: The case of the GIPSI. *Economic Modelling(31)*, 672-683.

- Matos, P., da Silva, C., dos Santos, D., & Reinaldo, L. (2021). Credit, default, financial system and development. *The Quarterly Review of Economics and Finance*(79), 281-289.
- Barra, C., & Ruggiero, N. (2021). Do microeconomic and macroeconomic factors influence Italian bank credit risk in different local markets? Evidence from cooperative and non-cooperative banks. *Journal of Economics and Business*(114).
- Molina, H., Pombo, P., & Ramírez, J. N. (2017). La medición de la adicionalidad generada por los Sistemas de Garantía de Crédito. *XIX Congreso Internacional AECA*, (págs. 55-58). Santiago de Compostela.
- McCullagh, P., & Nelder, J. (s.f.). *Generalized Linear Models*. Londres.
- CEPAL. (2016). *Balance Preliminar de las Economías de América Latina y el Caribe ▪ 2016 - Colombia*. CEPAL.
- addactis. (2020). *TECHNICAL DOCUMENTATION ADDACTIS® Pricing* .

## 7 Glosario

La construcción de los indicadores financieros se basó en el documento FORMULAS INDICADORES publicado por la Superintendencia de Sociedades de Colombia.

Nombre	Sigla	Fórmula
<b>Margen neto</b>	MN	$\frac{\text{Ganancias (pérdidas)}}{\text{Ingresos por actividades ordinarias}} \times 100$
<b>ROE</b>	ROE	$\frac{\text{Ganancias (pérdidas)}}{\text{Patrimonio}}$
<b>ROA</b>	ROA	$\frac{\text{Ganancias (pérdida)}}{\text{Activos total}}$
<b>Rotación de activos</b>	RA	$\frac{\text{Ingresos por actividades ordinarias}}{\text{Activos total}}$
<b>Apalancamiento</b>	A	$\frac{\text{Activos totales}}{\text{Patrimonio total}}$
<b>Apalancamiento financiero</b>	AF	$\frac{\text{Pasivos totales}}{\text{Patrimonio}}$
<b>Concentración endeudamiento financiero</b>	CEF	$\frac{\text{Otros pasivos financieros corrientes} + \text{Otros pasivos financieros no corrientes}}{\text{Pasivos totales}}$
<b>Endeudamiento con el sector financieros</b>	ESF	$\frac{\text{Otros pasivos financieros corrientes} + \text{Otros pasivos financieros no corrientes}}{\text{Activos totales}}$



<b>Índice de solvencia</b>	IS	$\frac{\text{Activos totales}}{\text{Pasivos totales}}$
<b>Razón de endeudamiento</b>	RE	$\frac{\text{Pasivos totales}}{\text{Activos totales}} \times 100$
<b>Impacto en la carga financiera</b>	ICF	$\frac{\text{Costos financieros}}{\text{Ganancias por actividades de operación}} \times 100$
<b>Cobertura operacional del pasivo financiero</b>	COPF	$\frac{\text{Ingresos por actividades ordinarias}}{\text{Otros pasivos financieros corrientes} + \text{Otros pasivos financieros no corrientes}}$
<b>Índice de propiedad</b>	IP	$\frac{\text{Patrimonio}}{\text{Activos totales}}$
<b>Respaldo patrimonial del pasivo de largo plazo</b>	RPPLP	$\frac{\text{Pasivos no corrientes}}{\text{Patrimonio}}$
<b>Respaldo patrimonial del pasivo de corto plazo</b>	RPPCP	$\frac{\text{Pasivos corrientes}}{\text{Patrimonio}}$
<b>Respaldo patrimonial del endeudamiento financiero</b>	RPEF	$\frac{\text{Otros pasivos financieros corrientes} + \text{Otros pasivos financieros no corrientes}}{\text{Patrimonio}}$
<b>Concentración de pasivos corrientes</b>	CPC	$\frac{\text{Pasivos corrientes}}{\text{Pasivo total}}$

<b>Concentración de pasivos no corrientes</b>	CPNC	$\frac{\text{Pasivos no corrientes}}{\text{Pasivo total}}$
---	------	--

## Anexo 1

Modelos de riesgo crediticio:

- Merton and Vasicek Models: La deuda es un bono de descuento puro en el que se promete el pago de  $K$  en el momento  $t$ . Se parte de que la empresa tiene un activo  $V_{At}$  y un patrimonio  $V_{Et}$  y que para  $t = 0$ , estos serán  $V_{A0}$  y  $V_{E0}$ , de esta manera el pago a los accionistas en el momento  $t$  es en el marco de Merton igual a:

$$V_{Et} = \max[V_{At} - K; 0] = [V_{At} - K]_+$$

donde

$$V_{E0} = V_{A0}\Phi(d_1) - Ke^{rt}\Phi(d_2)$$

y

$$d_1 = \frac{\log\left(\frac{V_{A0}e^{rt}}{K}\right) + \left(\frac{\sigma_A^2}{2}\right)t}{\sigma_A\sqrt{t}} \quad y \quad d_2 = d_1 - \sigma_A\sqrt{t}$$

$$d_1 = \frac{\log\left(\frac{V_{A0}}{K}\right) + \left(\frac{r + \sigma_A^2}{2}\right)t}{\sigma_A\sqrt{t}}$$

Como el valor de los activos de una empresa sigue un movimiento browniano geométrico estándar, entonces,

$$V_{At} = V_{A0} \cdot \exp\left\{\left(r + \frac{\sigma_A^2}{2}\right)t + \sigma_A\sqrt{t}Z_t\right\}$$

Con  $Z_t \sim N(0,1)$  y  $r = \mu_A$  y  $\sigma_A^2$ .

La probabilidad de incumplimiento será

$$PD = \Phi(-d_2) = \Phi\left(\frac{\ln\left(\frac{K}{V_{A0}}\right) - \left(r - \frac{1}{2}\sigma_A^2\right)t}{\sigma_A\sqrt{t}}\right)$$

- Moody's KMV Model: Parte del KMV model y se asume la desigualdad predeterminada  $V_{A0i} < K$  y se introduce un índice  $i$  para la empresa  $i$ , así

$$\frac{\ln\left[\frac{K_i}{V_{A0i}}\right] - \left(\mu_{Ai} - \left(\frac{\sigma_{Ai}^2}{2}\right)t\right)}{\sigma_{Ai}\sqrt{t}} > Z_i$$

Donde, DD representa la distancia de incumplimiento,

$$DD = \frac{\ln\left[\frac{K_i}{V_{A0i}}\right] - \left(\mu_{Ai} - \left(\frac{\sigma_{Ai}^2}{2}\right)t\right)}{\sigma_{Ai}\sqrt{t}}$$

El punto de incumplimiento se establece en el valor nominal de los pasivos corrientes, incluida la deuda a corto plazo (en el horizonte temporal) más la mitad de la deuda a largo plazo. Por lo tanto, el DD es la distancia entre el valor esperado del activo en 1 año,  $E(V_1)$ , y el punto predeterminado, DPT, expresado en términos de desviación estándar de los rendimientos futuros de los activos,

$$DD = \frac{E(V_1) - DPT}{\sigma_A}$$

- CreditRisk+ Model: Se supone que los valores por defecto de las contrapartes individuales son valores distribuidos de Bernoulli de forma independiente, es decir,

$$I_i = \begin{cases} 1 & \text{if } i \text{ default} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

La PD condicional es una función del grado de calificación G de la contraparte  $PD_i^c(x) = PD_{Gi}$ . Se calcula una función generadora de probabilidad (pgf) donde la pgf de la suma de los incumplimientos de las contrapartes es el producto de las pgfs individuales:

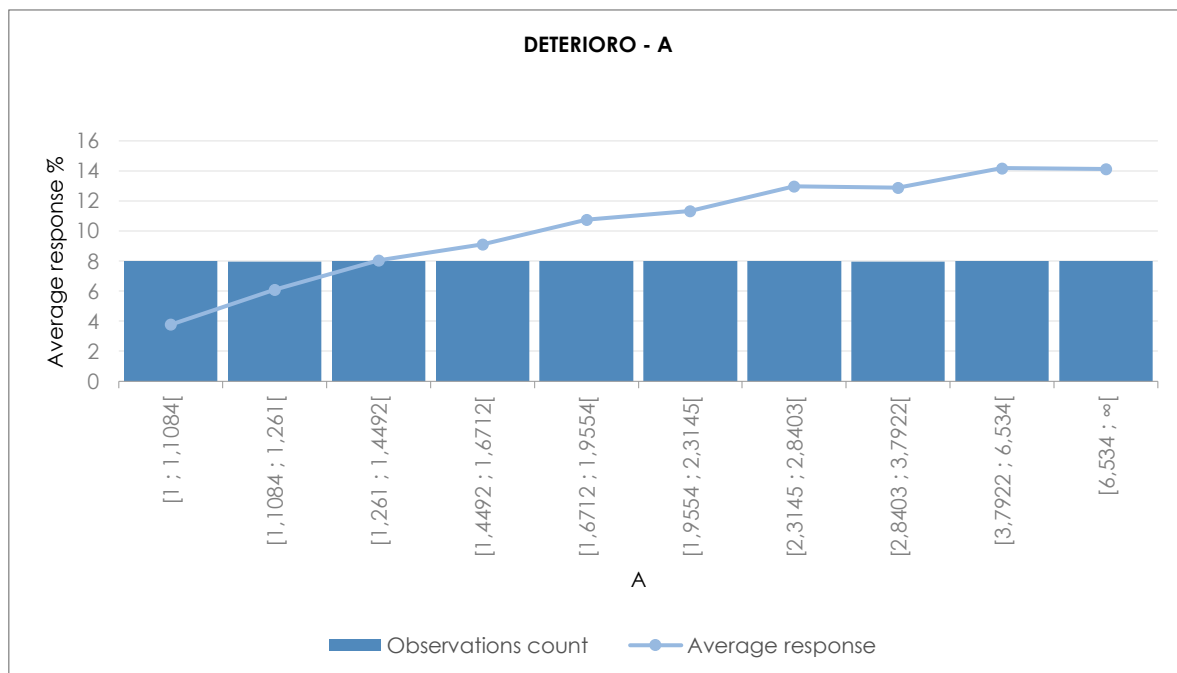
$$\eta(t|x) = \prod_i \eta_i(t|x) \approx \prod_i \exp\{PD_i^c(x)(t - 1)\}$$

$$= \exp\{\mu(x)(t - 1)\}, \text{ donde } \mu(x) = \sum_i PD_i^c$$

$$\eta(t) = \prod_{k=1}^K \left[ \frac{1 - \delta_k}{1 - \delta_k t} \right]^{1/\sigma_k^2}, \text{ donde } \delta_k = \frac{\sigma_k^2 \mu_k}{1 + \sigma_k^2 \mu_k} \text{ y } \mu_k = \sum_i w_{ik} PD_{Gi}$$

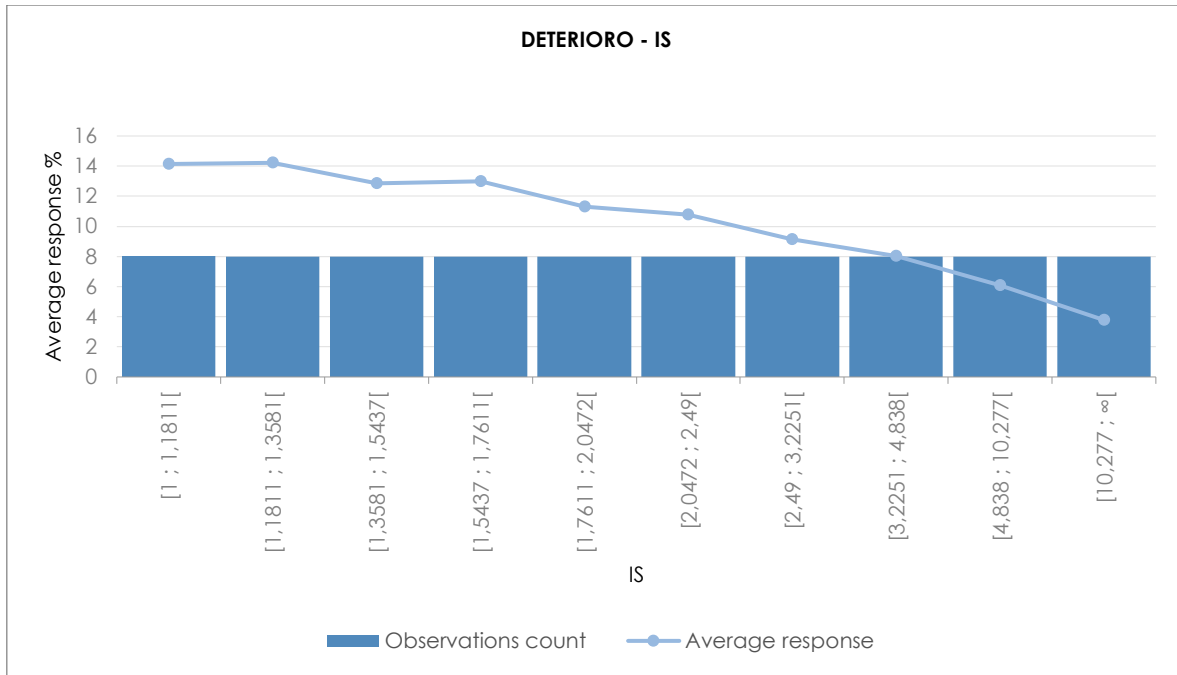
## Anexo 2

Gráfico 39 Deterioro - A



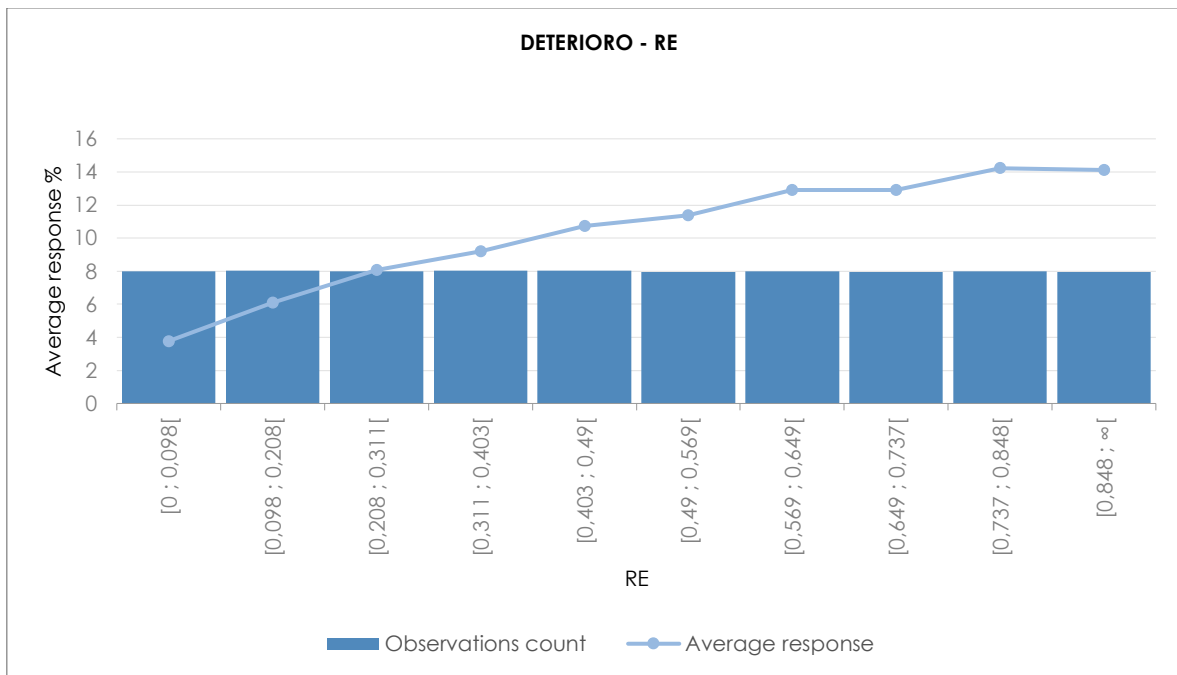
Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

Gráfico 40 Deterioro - IS

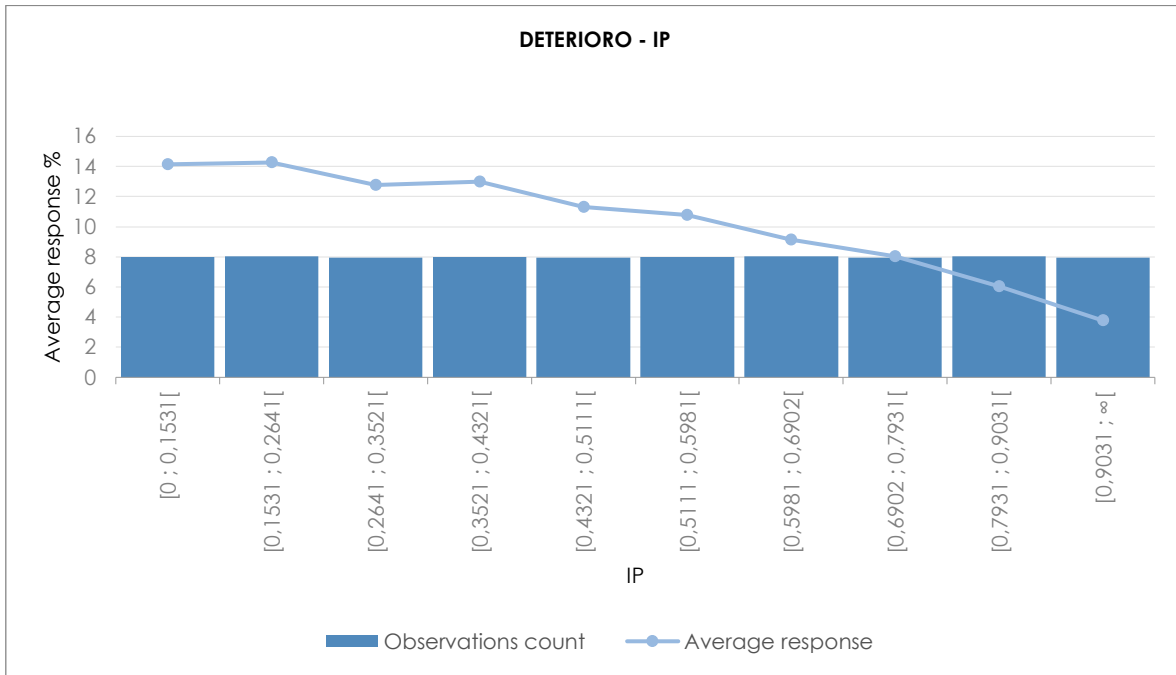


Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

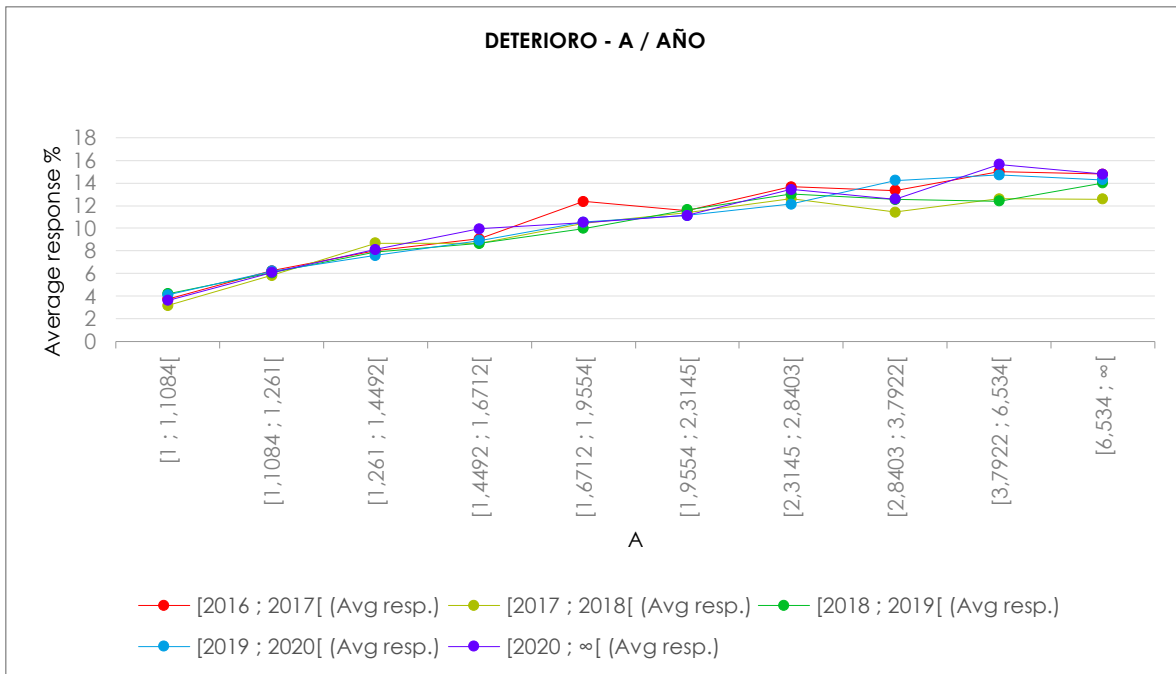
Gráfico 41 Deterioro - RE



Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.  
 Gráfico 42 Deterioro - IP

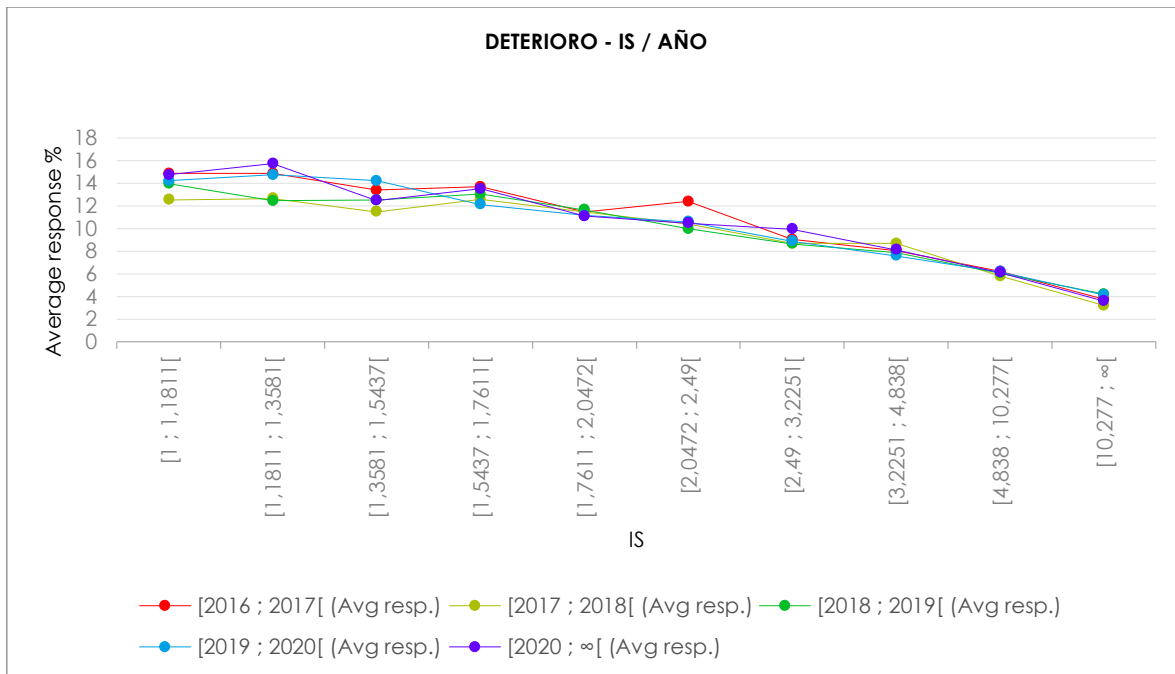


Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.  
 Gráfico 43 Deterioro - A/Año

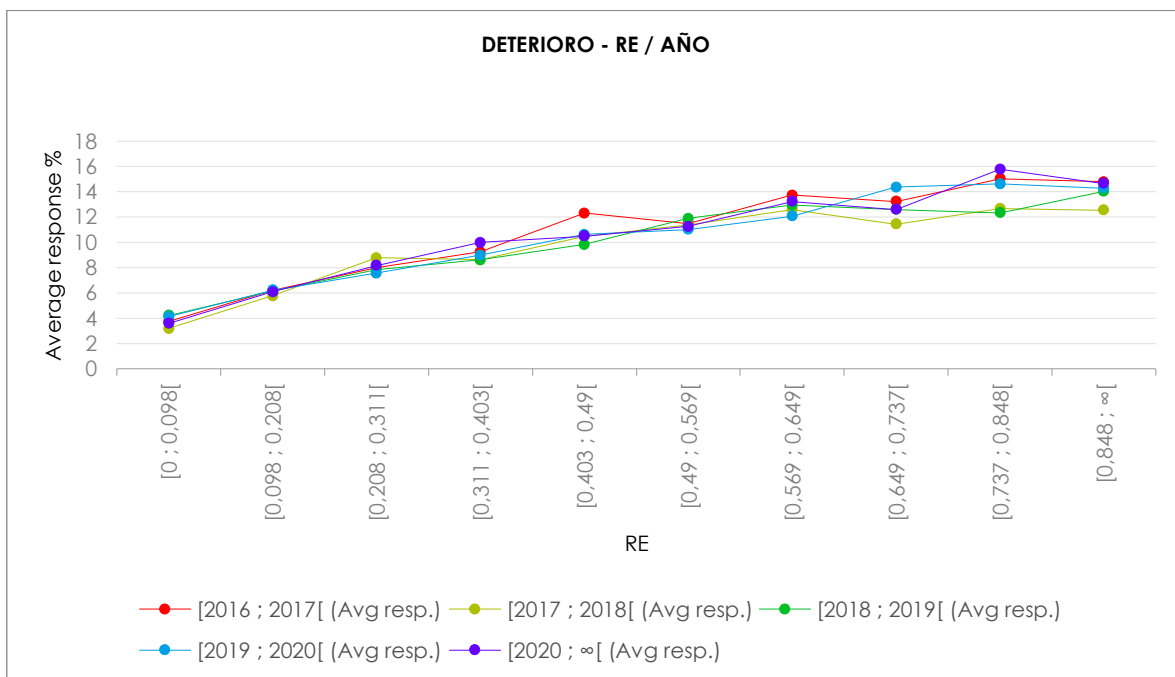


Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

Gráfico 44 Deterioro - IS/Año

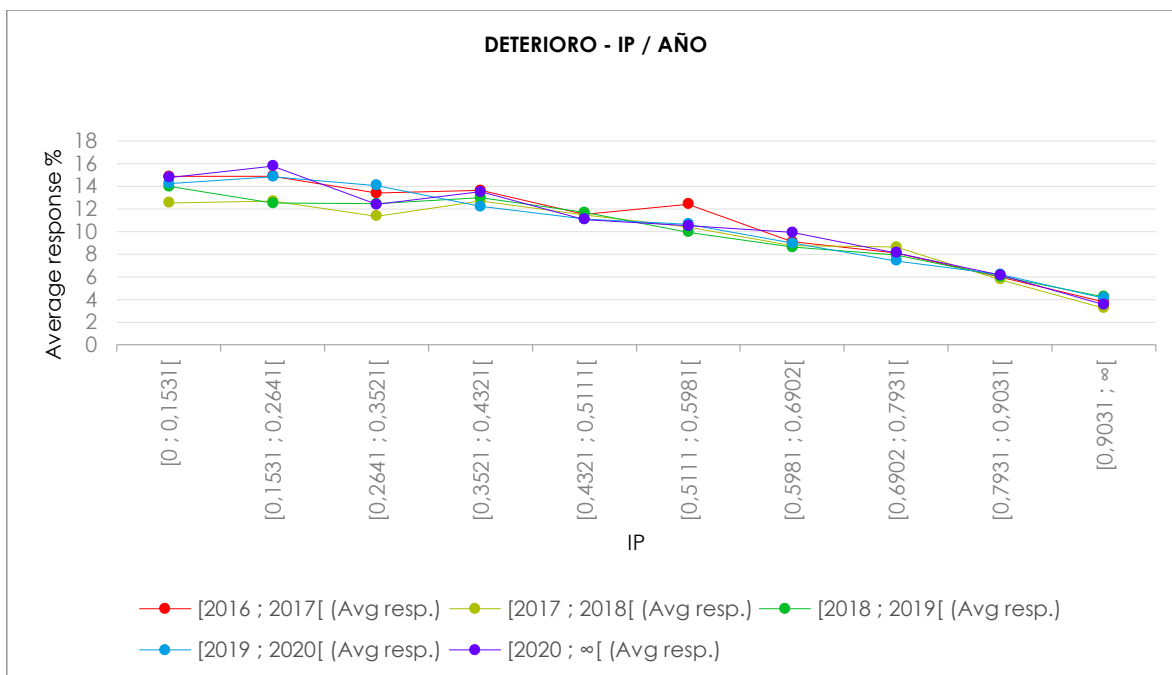


Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.  
Gráfico 45 Deterioro - RE/Año



Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

Gráfico 46 Deterioro - IP/Año



Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

### Anexo 3

#### Correlación

Para la elección de las variables para el modelo se empleó el método Cramer's V, en este caso particular al aplicarse este método en el software addactis® Pricing<sup>15</sup>, se define la dependencia entre dos factores mediante el cálculo estadístico basado en la exposición. Si

<sup>15</sup> (addactis, 2020, pág. 91)



la exposición asociada a las modalidades de un factor puede de la exposición asociada a las modalidades del otro, los factores están correlacionados.

$$\text{coef Cramer's } V = \sqrt{\frac{\sum_{i,j} \frac{(n_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}}}{(m - 1) * n}}$$

Donde, n es el número de observaciones de exposición en 2 factores: uno con modalidad “a” y el otro con modalidades “b”.  $n_{ij}$  son las exposiciones observadas para las pólizas que tienen “i” y “j” como modalidades para el primer y el segundo factor. Se define que

$$n = \sum_{i,j} (n_{ij})$$

$$e_{ij} = \sum_i (n_i) * \sum_j (n_j) / n$$

$$m = \min(a, b)$$

El rango del coeficiente de Cramer’s V está definido entre [0,100%], donde 0 si no hay correlación.

Otros métodos de correlación empleados en el software:

$$\text{Pearson chi - square } Q_p = \sum_{i,j} \frac{(n_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}}$$

$$\text{Likelihood ratio chi - square } x = 2 * \sum_{i,j} n_{i,j} \ln \left( \frac{n_{ij}}{e_{ij}} \right)$$

Donde  $P(\text{LOI.KHIDEUX}_{(a-1)*(b-1)} > Q_p)$  y  $P(\text{LOI.KHIDEUX}_{(a-1)*(b-1)} > x)$ , respectivamente. Y se interpretan como 5%, si muestra probabilidad < 5%, se rechaza “independencia”.

Para este trabajo, el resultado del análisis para todas las variables fue:

Tabla 11 Correlación todas las variables

Correlations triangle																					
	ROE	ROA	RA	A	AF	CEF	ESF	IS	RE	ICF	IP	RPPLP	RPPCP	RPEF	CPC	CPNC	TD	TI	PIB	TC	DUMMY-AÑO
ID_ESPACIA	4,07%	4,26%	6,45%	5,13%	5,13%	4,44%	4,61%	5,13%	5,14%	4,02%	5,14%	4,61%	4,89%	4,85%	4,86%	4,44%	4,47%	4,44%	4,47%	4,47%	5,71%
ROE		57,46%	19,52%	14,52%	14,52%	5,54%	6,45%	14,52%	14,52%	17,63%	14,52%	8,54%	15,65%	10,16%	9,30%	8,51%	4,48%	4,74%	4,48%	4,48%	6,70%
ROA			17,58%	10,07%	10,07%	6,72%	6,72%	10,07%	10,07%	21,33%	10,07%	9,05%	9,54%	9,24%	10,23%	9,14%	4,38%	4,59%	4,38%	4,38%	6,27%
RA				15,84%	15,84%	9,66%	8,72%	15,84%	15,84%	11,53%	15,84%	7,30%	21,86%	10,31%	19,11%	17,18%	5,14%	5,74%	5,14%	5,14%	8,65%
A					100,00%	9,96%	29,10%	99,79%	99,36%	12,12%	99,49%	31,32%	46,58%	41,42%	8,65%	8,80%	2,68%	3,02%	2,68%	2,68%	4,75%
AF							9,96%	29,10%	99,79%	99,36%	12,12%	99,49%	31,32%	46,58%	41,42%	8,65%	8,80%	2,68%	3,02%	2,68%	2,68%
CEF								41,70%	9,97%	9,97%	10,18%	9,98%	19,79%	10,72%	30,71%	29,99%	26,77%	###	15,80%	13,79%	13,79%
ESF									29,12%	29,11%	12,28%	29,14%	25,80%	19,32%	62,06%	13,74%	12,36%	2,85%	3,20%	2,85%	2,85%
IS										99,23%	12,12%	99,65%	31,34%	46,58%	41,43%	8,67%	8,82%	2,68%	3,03%	2,68%	2,68%
RE											12,11%	98,96%	31,33%	46,58%	41,44%	8,66%	8,81%	2,67%	3,02%	2,67%	2,67%
ICF												12,12%	10,07%	10,54%	12,87%	8,40%	7,74%	3,05%	3,16%	3,05%	4,60%
IP													31,37%	46,59%	41,43%	8,68%	8,83%	2,67%	3,02%	2,67%	2,67%
RPPLP														11,06%	31,71%	39,74%	42,39%	2,67%	2,14%	2,67%	2,03%
RPPCP															27,15%	23,23%	20,82%	3,49%	3,96%	3,49%	6,02%
RPEF																12,09%	11,08%	2,66%	2,98%	2,66%	2,87%
CPC																	99,50%	2,99%	3,34%	2,99%	4,35%
CPNC																		3,60%	3,67%	3,60%	4,74%
TD																			100,00%	100,00%	100,00%
TI																				100,00%	100,00%
PIB																					100,00%
TC																					100,00%

Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

El resultado del análisis para las variables seleccionadas:

Tabla 12 Correlación variables seleccionadas

Correlations triangle							
	ROE	RA	AF	CEF	ICF	CPNC	DUMMY-AÑO
ID_ESPACIA	4,07%	6,45%	5,13%	4,44%	4,02%	4,44%	5,71%
ROE		19,52%	14,52%	5,54%	17,63%	8,51%	6,70%
RA			15,84%	9,66%	11,53%	17,18%	8,65%
AF				9,96%	12,12%	8,80%	4,75%
CEF					10,18%	26,77%	15,19%
ICF						7,74%	4,60%
CPNC							4,74%

Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

### Selección de variables para el modelo

Para la selección de las variables con mayor significancia para los modelos se realizó la prueba Type III la cual verifica la significancia de los coeficientes q (igual a 0).

Por ejemplo, para una variable j = edad con q niveles, se podría probar la relevancia de la variable. Entonces, la hipótesis se puede escribir como:

$$H_0: \beta_{j1} = \beta_{j2} = \dots = \beta_{jq} = 0$$

$$H_1: \exists k \in \{1, \dots, q\} \text{ tal como } \beta_{jk} \neq 0$$

La teoría de máxima verosimilitud da la distribución asintótica de los estimadores. Por lo tanto, es posible probar la importancia de cada factor explicado en el modelo. Generalmente se usan dos pruebas:

- El test de Wald:  $S = (Q\hat{\beta})' [Q\hat{I}_n^{-1}(\hat{\beta})Q]^{-1} Q\hat{\beta}$  donde Q es una matriz q x (p+1) tal como  $Q\beta = (\beta_{j1}, \dots, \beta_{jq})'$  y  $\hat{I}_n^{-1}(\hat{\beta})$  es n veces la matriz de información de Fisher. En el test de Wald la diferencia entre  $\hat{\beta}$  (estimador del modelo sin restricciones) y  $\beta_{H0}$  ( $\beta$  bajo  $H_0$ ) es nula.
- El test de LRT (Test de ratio de verosimilitud):  $S = 2\{\log[\ell(\hat{\beta})] - \log[\ell(\hat{\beta}_{H0})]\}$ . Este realiza una prueba sobre la igualdad a 0 de la diferencia entre la verosimilitud entre  $\hat{\beta}$  (estimador del modelo sin restricciones) y  $\beta_{H0}$ .

Bajo  $H_0$ , los test de Wald y LRT siguen la distribución asintótica  $\chi^2$  con q grados de libertad, siendo q precisamente la diferencia de parámetros estimados entre 2 modelos.

$H_0$  se rechaza en cuanto esos estadísticos vayan más allá del cuantil  $1 - \alpha$  de una distribución  $\chi^2$  con q grados de libertad. El software addactis® Pricing emplea la prueba LRT dada su reputación de mejor precisión a la hora de escoger las variables.

El test de LRT type III permite la comparación entre dos modelos anidados, es decir, dos modelos donde los factores explicados de uno (modelo M1) están todos incluidos en el otro modelo (modelo M2). Lo que se busca es probar la significancia entre M1 y M2 usando las siguientes hipótesis:

$H_0$ : Todos los parámetros adicionales de M2 son nulos

$H_1$ : Al menos uno de esos parámetros es diferente a 0

Tabla 13 Selección variables modelo Probit

Type III on excluded				
Criteria	Degrees of freedom	Chi-2	Pr > Chi-2	
AF	9	716,2704	0,0000	
RA	9	411,2128	0,0000	
CPNC	9	379,1216	0,0000	
ROE	9	333,7881	0,0000	
CEF	9	248,2467	0,0000	
ICF	9	193,4772	0,0000	
ID_ESPACIA	3	138,1552	0,0000	
<b>DUMMY-AÑO</b>	<b>1</b>	<b>0,1236</b>	<b>0,7252</b>	

Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

## Criterios AIC y BIC

Estos criterios son medidas que intentan ayudar al estadístico a encontrar el mejor modelo considerando la complejidad del modelo. Un modelo que no se ajusta perfectamente a los datos, pero con menos parámetros, puede ser seleccionado por esos criterios.

- Criterio de información de Akaike, AIC:

$$AIC = -2FLL + 2p$$

Donde  $p$  es el número de parámetros estimados por el modelo y  $FLL$  es la verosimilitud logarítmica completa calculada en estimación final.

- Criterio de información de Bayes, BIC:

$$BIC = -2FLL + p \log(n)$$

Para cualquiera de estos criterios, el mejor modelo será el que tenga el criterio más bajo.

## Curva lift

Para juzgar la adecuación del modelo a los datos sobre diferentes rangos de valores predichos, el gráfico lift consta de curvas “Estimado”, “Observado” y un diagrama de “Exposición”. Se construye de la siguiente manera:

$y_i$ : el valor observado para la observación  $i$ .

$\hat{u}_i$ : el valor estimado para la observación  $i$ .

$e_i$ : la exposición asociada a la observación  $i$ .

$N$ : el número de observaciones.

$I_i$ : el intervalo  $i$ th.

$n_{I_i}$ : el número de valores estimados en  $I_i$ .

El primer paso será ordenar cada vez más las predicciones según su valor:

$$\hat{u}_1 \leq \hat{u}_2 \leq \dots \leq \hat{u}_l \leq \hat{u}_N$$

Según este orden, se crean intervalos de predicción. Supongamos que tenemos  $M$  intervalos que:

para  $j \in \llbracket 1, \dots, M \rrbracket$ ,  $\{\widehat{u}_{l_j}, \dots, \widehat{u}_{l_{j+1}}\} \in I_j$

- Exposición:

$$Exp_{o_j} = \sum_{i=l_j}^{i_{j+1}} e_i$$

- Estimado:

$$Est_j = \frac{\sum_{i=l_j}^{i_{j+1}} e_i \cdot \hat{u}_i}{Exp_{o_j}}$$

- Observado:

$$Obs_j = \frac{\sum_{i=l_j}^{i_{j+1}} y_i \cdot e_i}{Exp_{o_j}}$$

Tabla 14 Resultados de los modelos ejecutados

Summary table: DETERIORO \ Binary target												
Factor	Logit 1 (Ver. 1)	Logit 2 (Ver. 2)	Logit 3 (Ver. 3)	Logit 4 (Ver. 4)	Logit 5 (Ver. 5)	Logit 6 (Ver. 6)	Logit 7 (Ver. 7)	Logit 8 (Ver. 8)	Logit 9 TD (Ver. 9)	Logit 10 TI (Ver. 10)	Logit 11 PIB (Ver. 11)	Logit 12 TC (Ver. 12)
ID_ESPACIA							Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
ROE				Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
ROA												
RA			Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
A												
AF		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
CEF						Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
ICF								Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
CPNC					Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
TD									Yes			
TI										Yes		
PIB											Yes	
TC												Yes
Information												
Status	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!
Probability distribution	Binomial (logit)	Binomial (logit)	Binomial (logit)	Binomial (logit)	Binomial (logit)	Binomial (logit)	Binomial (logit)	Binomial (logit)	Binomial (logit)	Binomial (logit)	Binomial (logit)	Binomial (logit)
Exclusions												
Options	Training/Validation sets	Training/Validation sets	Training/Validation sets	Training/Validation sets	Training/Validation sets	Training/Validation sets	Training/Validation sets	Training/Validation sets	Training/Validation sets	Training/Validation sets	Training/Validation sets	Training/Validation sets
Deviance												
Deviance NULL												
Deviance based pseudo R <sup>2</sup>												
Degrees of freedom	56 101,000	56 097,000	56 094,000	56 093,000	56 089,000	56 086,000	56 084,000	56 083,000	56 082,000	56 082,000	56 083,000	56 083,000
AIC (smaller is better)	37 192,152	36 527,332	36 391,788	36 296,146	36 074,322	35 994,389	35 890,529	35 885,695	35 880,648	35 882,073	35 885,695	35 885,695
BIC (smaller is better)	37 201,087	36 572,007	36 463,267	36 376,561	36 190,476	36 137,348	36 051,358	36 055,459	36 059,347	36 060,771	36 055,459	36 055,459
(Log)likelihood	-18 595,076	-18 258,666	-18 187,894	-18 139,073	-18 024,161	-17 981,195	-17 927,265	-17 923,847	-17 920,324	-17 921,036	-17 923,847	-17 923,847
ROC Curve AUC	0,500	0,596	0,609	0,616	0,631	0,637	0,642	0,643	0,643	0,643	0,643	0,643
Observed sum	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000
Estimated sum	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000
ROC Curve AUC (Validation Set)	0,500	0,604	0,626	0,627	0,636	0,640	0,644	0,644	0,643	0,644	0,644	0,644
Mean Square Error (Validation Set)	0,093	0,092	0,092	0,092	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091
Root Mean Square Error (Validation Set)	0,306	0,304	0,303	0,303	0,302	0,302	0,302	0,302	0,302	0,302	0,302	0,302
Mean Absolute Error (Validation Set)	0,186	0,184	0,183	0,182	0,182	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181
Mean Absolute Percentage Error (Validation Set)	0,094	0,092	0,092	0,092	0,092	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091

Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

Tabla 15 Resultados de los modelos ejecutados

Summary table: DETERIORO \ Binary target												
Factor	Probit 1 (Ver. 13)	Probit 2 (Ver. 14)	Probit 3 (Ver. 15)	Probit 4 (Ver. 16)	Probit 5 (Ver. 17)	Probit 6 (Ver. 18)	Probit 7 (Ver. 19)	Probit 8 (Ver. 20)	Probit 9 TD (Ver. 21)	Probit 10 TI (Ver. 22)	Probit 11 PIB (Ver. 23)	Probit 12 TC (Ver. 24)
ID_ESPACIA							Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
ROE				Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
ROA												
RA			Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
A												
AF		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
CEF						Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
ICF								Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
CPNC					Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
TD									Yes			
TI										Yes		
PIB											Yes	
TC												Yes
Information												
Status	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!
Probability distribution	Binomial (probit)	Binomial (probit)	Binomial (probit)	Binomial (probit)	Binomial (probit)	Binomial (probit)	Binomial (probit)	Binomial (probit)	Binomial (probit)	Binomial (probit)	Binomial (probit)	Binomial (probit)
Exclusions												
Options	training/validation sets	training/validation sets	training/validation sets	training/validation sets	training/validation sets	training/validation sets	training/validation sets	training/validation sets	training/validation sets	training/validation sets	training/validation sets	training/validation sets
Deviance												
Deviance NULL												
Deviance based pseudo R <sup>2</sup>												
Degrees of freedom	56 101,000	56 097,000	56 094,000	56 092,000	56 088,000	56 085,000	56 083,000	56 082,000	56 081,000	56 082,000	56 082,000	56 082,000
AIC (smaller is better)	37 192,152	36 527,332	36 296,526	36 127,208	35 918,756	35 823,892	35 709,417	35 696,528	35 694,964	35 696,528	35 696,528	35 696,528
BIC (smaller is better)	37 201,087	36 572,007	36 368,006	36 216,557	36 043,845	35 975,786	35 879,181	35 875,226	35 882,597	35 875,226	35 875,226	35 875,226
(Log)Likelihood	-18 595,076	-18 258,666	-18 140,263	-18 053,604	-17 945,378	-17 894,946	-17 835,709	-17 828,264	-17 826,482	-17 828,264	-17 828,264	-17 828,264
ROC Curve AUC	0,500	0,596	0,618	0,629	0,640	0,646	0,651	0,652	0,652	0,652	0,652	0,652
Observed sum	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000
Estimated sum	5 774,000	5 774,000	5 773,997	5 774,206	5 774,118	5 773,944	5 773,931	5 773,866	5 773,883	5 773,866	5 773,866	5 773,866
ROC Curve AUC (Validation Set)	0,500	0,604	0,629	0,640	0,647	0,651	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655
Mean Square Error (Validation Set)	0,093	0,092	0,092	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091
Root Mean Square Error (Validation Set)	0,306	0,304	0,303	0,302	0,302	0,301	0,301	0,301	0,301	0,301	0,301	0,301
Mean Absolute Error (Validation Set)	0,186	0,184	0,182	0,182	0,181	0,181	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180
Mean Absolute Percentage Error (Validation Set)	0,094	0,092	0,092	0,092	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091

Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.

Tabla 16 Resultados de los modelos ejecutados

Summary table: DETERIORO \ Binary target												
Factor	Cloglog 1 (Ver. 25)	Cloglog 2 (Ver. 26)	Cloglog 3 (Ver. 27)	Cloglog 4 (Ver. 28)	Cloglog 5 (Ver. 29)	Cloglog 6 (Ver. 30)	Cloglog 7 (Ver. 31)	Cloglog 8 (Ver. 32)	Cloglog 9 TD (Ver. 33)	Cloglog 10 TI (Ver. 34)	Cloglog 10 PIB (Ver. 35)	Cloglog 11 TC (Ver. 36)
ID_ESPACIA							Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
ROE				Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
ROA												
RA			Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
A												
AF	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
CEF						Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
ICF								Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
CPNC					Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
TD									Yes			
TI										Yes		
PIB											Yes	
TC												Yes
Information												
Status	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!	Solved!
Probability distribution	Binomial (cloglog)	Binomial (cloglog)	Binomial (cloglog)	Binomial (cloglog)	Binomial (cloglog)	Binomial (cloglog)	Binomial (cloglog)	Binomial (cloglog)	Binomial (cloglog)	Binomial (cloglog)	Binomial (cloglog)	Binomial (cloglog)
Exclusions												
Options	Training/Validation sets	Training/Validation sets	Training/Validation sets	Training/Validation sets	Training/Validation sets	Training/Validation sets	Training/Validation sets	Training/Validation sets	Training/Validation sets	Training/Validation sets	Training/Validation sets	Training/Validation sets
Deviance												
Deviance NULL												
Deviance based pseudo R²												
Degrees of freedom	56 101,000	56 097,000	56 094,000	56 093,000	56 089,000	56 086,000	56 084,000	56 083,000	56 082,000	56 083,000	56 083,000	56 083,000
AIC (smaller is better)	37 192,152	36 527,332	36 391,759	36 296,045	36 074,362	35 994,926	35 890,979	35 881,175	35 877,995	35 881,175	35 881,175	35 881,175
BIC (smaller is better)	37 201,087	36 572,007	36 463,239	36 376,459	36 190,516	36 137,885	36 051,808	36 050,938	36 056,693	36 050,938	36 050,938	36 050,938
(Log) Likelihood	-18 595,076	-18 258,666	-18 187,880	-18 139,022	-18 024,181	-17 981,463	-17 927,490	-17 921,587	-17 918,997	-17 921,587	-17 921,587	-17 921,587
ROC Curve AUC	0,500	0,596	0,609	0,616	0,631	0,637	0,642	0,643	0,643	0,643	0,643	0,643
Observed sum	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000	5 774,000
Estimated sum	5 774,000	5 774,000	5 773,729	5 774,172	5 773,552	5 772,947	5 772,591	5 772,444	5 772,517	5 772,444	5 772,444	5 772,444
ROC Curve AUC (Validation Set)	0,500	0,604	0,626	0,627	0,636	0,640	0,644	0,644	0,644	0,644	0,644	0,644
Mean Square Error (Validation Set)	0,093	0,092	0,092	0,092	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091
Root Mean Square Error (Validation Set)	0,306	0,304	0,303	0,303	0,302	0,302	0,302	0,302	0,302	0,302	0,302	0,302
Mean Absolute Error (Validation Set)	0,186	0,184	0,183	0,182	0,182	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181
Mean Absolute Percentage Error (Validation Set)	0,094	0,092	0,092	0,092	0,092	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091

Fuente: Elaboración propia a través del software addactis® Pricing.



## Anexo 4

 Efinancieros <Efinancieros@SUPERSOCIEDADES.GOV.CO>     

Lun 14/02/2022 11:39

Para: GALINDO CARO JEIMMY CATALINA

Buenos días

La muestra de sociedades no es constante, a la muestra pertenecen las sociedades comerciales y empresas unipersonales vigiladas según el Decreto 1074 de 2015, las sucursales de sociedades extranjeras incursas en alguna de las causales de vigilancia contempladas en el Decreto 2300 de 2008 y aquéllas sociedades sometidas al control de esta Superintendencia, de acuerdo con el artículo 85 de la Ley 222 de 1995, aun cuando estén en concordato, acuerdo de reestructuración, acuerdo de reorganización o en liquidación judicial .Así mismo, hacen parte de la muestra las sociedades comerciales y sucursales de sociedades extranjeras que, de manera particular, y en ejercicio de la atribución de inspección contenida en el artículo 83 de la Ley 222 de 1995, la Superintendencia seleccione. Sin embargo, no estarán obligadas a presentar la información requerida aquellas sociedades Inspeccionadas que su situación sea de liquidación voluntaria.

La Superintendencia de Sociedades establece la muestra a partir de la información remitida por Confecámaras y por la consignada en el Módulo de Datos Básicos del Sistema de Información General de Sociedades (SIGS) de esta Entidad.

Cordialmente

**SV10**  
Dirección de Información Empresarial, Estudios Económicos y Contables (DIEEC)  
Delegatura de Asuntos Económicos y Societarios (AES)  
Superintendencia de Sociedades  
Av. El Dorado No. 51-80, Bogotá 111321, Colombia  
Tel. (571) 2201000

  
SUPERINTENDENCIA  
DE SOCIEDADES