

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ**

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES



**Una aplicación de la teoría del portafolio para entender los determinantes del
apalancamiento bancario en el caso peruano: regulación de capital o
disciplina de mercado**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO
DE BACHILLER EN CIENCIAS SOCIALES CON MENCIÓN EN ECONOMÍA
QUE PRESENTA:**

AUTOR

Munive Asto, Rodrigo Víctor

ASESOR

Collazos Tamariz, Paul Larú

2019

Resumen

El presente trabajo de investigación pretende analizar los determinantes del apalancamiento bancario con respecto a los cuatro principales bancos del Perú; en ese sentido, se tiene como objetivo responder a la siguiente pregunta: ¿el requerimiento de capital, es el principal determinante del apalancamiento de los bancos peruanos o, por el contrario, es la disciplina de mercado? La metodología que se utiliza para analizar los determinantes del apalancamiento bancario es el enfoque de portafolio desarrollado por Kim y Santomero (1988).

Los resultados sugieren que el principal determinante del apalancamiento bancario es la disciplina de mercado y no los requerimientos de capital, ya que al estimar la frontera eficiente con los requerimientos de capital y ubicar los portafolios de los bancos en el plano retorno-desviación estándar se observa que los bancos poseen niveles inferiores de apalancamiento permitidos por regular. Asimismo, siguiendo la metodología de Kim y Santomero (1988) se observa que los bancos presentan niveles de probabilidad de insolvencia superiores a los deseados por el regulador. Finalmente, se encuentra evidencia de la importancia de los requerimientos de liquidez para la estimación de la frontera eficiente. Esta evidencia muestra la necesidad de nuevas investigaciones que incluyan los requerimientos de liquidez al utilizar un enfoque de portafolio para analizar los determinantes del apalancamiento bancario.

Palabras claves: apalancamiento bancario, disciplina de mercado, enfoque de portafolio,

Abstract

This research work aims to analyze the determinants of bank leverage with respect to the four main banks in Peru, in that sense, it aims to answer the following question: is the capital requirement the main determinant of the leverage of the Peruvian banks or, on the contrary, is it market discipline? The methodology used to analyze the determinants of bank leverage is the portfolio approach developed by Kim and Santomero(1988). The results suggest that the main determinant of bank leverage is market discipline and not capital requirements, since, when estimating the efficient frontier with capital requirements and locating bank portfolios in the return-standard deviation plane, It is observed that those who have banks lower levels of leverage allowed by the regular. Likewise, following the methodology of Kim and Santomero (1988), it is observed that banks present levels of probability of insolvency higher than those desired by the regulator. Finally, there is evidence of the importance of liquidity requirements for estimating the efficient frontier. This shows the need for further research that includes liquidity requirements when using a portfolio approach to analyze the determinants of bank leverage.

Keywords: bank leverage, market discipline, portfolio approach.

ÍNDICE

1. Introducción.....	5
2. Evolución del Capital Bancario en el Perú	8
3. Revisión de la Literatura	11
3.1 Determinantes del Apalancamiento Bancario	11
3.2 Bases Teóricas del Enfoque de Portafolio para la Calibración	12
3.2.1 Aplicación de la Teoría de Portafolio a los Bancos.....	13
3.2.2 Los Requerimientos de Capital en la Teoría del Portafolio	15
4. Metodología	23
4.1 Estimación de la Frontera Eficiente sin Restricciones.....	26
4.2 Efectos de los Requerimientos de Capital sobre el Apalancamiento Bancario	28
4.3 Sensibilidad ante Diversos Escenarios	34
4.4 Limitaciones del Trabajo	36
5. Conclusiones.....	38
Bibliografía	39
Anexo	42

1. INTRODUCCIÓN

Los reguladores del sistema bancario imponen requerimientos de capital con dos objetivos en mente: limitar el riesgo moral que surge de los fondos de seguro de depósitos y limitar los grandes costos de una quiebra bancaria. Debido a estos dos objetivos en mente y con la necesidad de uniformizar los requerimientos de capital en todos los países del G10, el Banco de Pagos Internacional publicó un acuerdo llamado Basilea I, en 1988. Dicho acuerdo que era un estándar internacional regulatorio fue adoptado por diferentes países junto a otras reformas, los cuales tuvieron un impacto sobre el capital de los bancos y apalancamiento (Bajares,2004).

Sin embargo, Flannery y Kasturi (2008) cuestionan si el capital regulatorio de los bancos es el principal determinante del apalancamiento bancario tras la implementación de los estándares de Basilea I en el sistema bancario estadounidense, pues los autores observan que los bancos mantienen niveles de apalancamiento inferiores a los permitidos; es decir, mantienen más capital del exigido por el regulador. En este contexto observado, los autores buscan responder si los requerimientos de capital fueron determinantes para el incremento del nivel de capital o si fue la disciplina de mercado, la que llevó a los bancos a mantener menores niveles de apalancamiento. Lo que encuentran los autores es que los requerimientos de capital no fueron determinantes para limitar los niveles de apalancamiento, sino fueron los cambios legislativos en el sistema financiero como rescates financieros menos generosos los que llevaron una mejor disciplina de mercado.

We find little evidence that supervisory pressure can account for the build up in bank capital, although our tests may lack statistical power. At a minimum, however, the regulatory and legislative innovations did create the environment that made market discipline more relevant to large banks and their customers (Flannery y Kasturi, 1990,p. 427).

Para el caso de Latinoamérica y Perú, se observa que existe una correlación entre implementación de requerimientos de capital propuestos por Basilea I y disminución de los niveles de apalancamiento mostrados en el cuadro N°1 y gráfico N°1. Por ejemplo, para el caso de Latinoamérica, el ratio de capital antes de Basilea I era 13.67 y el ratio post Basilea I paso a ser 18.03 para el periodo (1988-2008). Pese a estos cambios observados en el apalancamiento de los bancos de Latinoamérica y Perú no existen trabajos acerca de si el requerimiento de capital es el principal determinante del apalancamiento bancario en el Perú o si lo es la disciplina de mercado.

Cuadro N°1: Efectos de Basilea I sobre los ratios de apalancamiento

	Capital Ratio		Capital/Total Activos	
	Pre-Basilea	Post-Basile	Pre-Basilea	Post-Basilea
Africa	15.35	22.36	11.64	14.85
Asia	11.59	12.01	8.55	6.311
Europa	16.14	16.38	11.61	9.75
Estados Unidos y Canada	3.21	12.45	5.95	8.5
America Latina y El Caribe	13.67	18.03	10.24	14.3

Fuente: Barajas (2004) Elaboración: Propia

Gráfico N°1: Requerimientos de Capital y Capital Mantenido por los Bancos Peruanos



Fuente: Fondo Monetario Internacional (2018) Elaboración Fondo Monetario Internacional

Debido a la inexistencia de estudios parecidos a los de Flannery y Kasturi (2008) para el caso peruano, es importante iniciar una investigación sobre los determinantes apalancamiento bancario. Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo responder la pregunta de si el requerimiento de capital es el principal determinante del apalancamiento bancario en el Perú¹ o si es la disciplina de mercado, entendiendo el apalancamiento como una decisión de portafolio.

Utilizando el modelo de Kim y Santomero (1988), el presente trabajo estimará el impacto de la introducción de requerimientos de capital sobre el apalancamiento bancario y la frontera eficiente. La hipótesis principal es que los requerimientos regulatorios no serían los principales determinantes del apalancamiento bancario, pues pese a que se contrae la frontera eficiente, como señala la teoría, existen otros posibles determinantes del apalancamiento bancario como la disciplina de mercado. Finalmente, este trabajo es importante, ya que investiga e inicia una discusión sobre los determinantes del apalancamiento de los principales bancos peruanos por primera vez.

¹ Los principales bancos del Perú son Banco de Crédito del Perú (BCP), BBVA Continental (BBVA), Interbank (IBK) y Scotiabank (SCB).

El presente trabajo se divide en 5 secciones; la introducción; la evolución de los requerimientos de capital en el Perú, que explica cómo ha ido cambiando los requerimientos de capital a través del tiempo en el Perú; la revisión de la literatura, donde se desarrolla la literatura de los determinantes del apalancamiento bancario y la teoría de portafolio aplicada a los bancos; la metodología, donde se calibran los parámetros del modelo utilizado y finalmente las conclusiones.



2. EVOLUCIÓN DE LA REGULACIÓN DEL CAPITAL EN EL PERÚ

Debido a las fallas de mercado que existen en el sistema bancario y las externalidades negativas que provocan las crisis bancarias, se justifica la existencia de la red de seguridad financiera como lo afirman Freixas y Santomero (2002):

From a theoretical perspective, the safety net is generally justified as a mechanism to protect small, uninformed economic agents. Yet, the safety net may be extended further, to other financial stakeholders in order to avoid the undesirable externalities of a bank's bankruptcy. (p.13)

Esta red de seguridad financiera consta de principalmente de cuatro componentes: regulación prudencial y supervisión, prestamista de última instancia, esquema de resolución bancaria, seguro de depósitos y fondo de capitalización bancaria. Teniendo la regulación prudencial un gran énfasis en el capital bancario (Borio,2011). Esta regulación prudencial fue realizada por primera vez por la SBS en 1931 a través del Decreto Ley 7159 "Ley de Bancos". Esta Ley de Bancos tenía como objetivo que el capital sirva como garantía para los depositantes y obligaba a los bancos a aumentar su capital para poder captar más depósitos. Por ello, el capital mínimo no debía ser menor al 20% de los depósitos como lo señala Ferrari (2018):

La Ley 7159 exigió que la suma del capital y los fondos de reserva del banco no fuesen inferiores al 20% del monto de sus obligaciones con el público, es decir, la ratio de apalancamiento permitido era una relación hasta de cinco veces ambas cuentas. (p.21)

No obstante, este ratio entre la suma del capital y el fondo de reserva respecto a las obligaciones fue cambiado a 5% a través del Decreto Ley 14545 en 1963, lo cual permitió a los bancos poder captar mayores depósitos sin tener que aumentar su capital.

Años más adelante, con las reformas económicas adoptadas por el Gobierno de Alberto Fujimori, a través del Decreto Legislativo 637, se aprobó la Ley General

de Instituciones Bancarias, Financieras y de Seguros. Esta Ley de Bancos implementó los estándares propuestos por el Acuerdo de Basilea I, que en un inicio solo consideraba riesgo crediticio y que más adelante introdujo riesgo de mercado. Esta nueva Ley fue un gran cambio para la regulación de capital pues se introdujo un ratio mínimo en función de los activos ponderados por riesgo para determinar el apalancamiento de un banco así como lo señala Ferrari:

De este modo, inspirada en los postulados de Basilea I, la ley peruana abandonó el criterio del apalancamiento basado exclusivamente en un determinado número de veces el capital del banco, criterio que se había mantenido vigente durante casi sesenta años bajo la regulación de 1931. (2018,p.40)

No obstante, el ratio de apalancamiento era 6.6% y no 8% como lo propuesto por Basilea I. Por esa razón, a través del Decreto Legislativo 770 se obligó a los bancos a poseer un ratio de apalancamiento de 8% al igual que lo propuesto por Basilea I y se adicionó los requerimientos de capital por riesgo de mercado al ratio de apalancamiento.

Debido a los cambios de lineamientos de Basilea, se aprobó el Decreto Legislativo 10208, el cual introdujo dichos cambios conocidos como Basilea II. Estos nuevos lineamientos adicionaron un requerimiento de capital por riesgo operacional entre otros cambios. Con este nuevo requerimiento de capital por riesgo operacional la SBS exigía que el capital regulatorio no sea inferior al 10% del valor de los activos ponderados por riesgo crediticio (APRC), riesgo de mercado (RM) y riesgo operacional (RO) como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Capital regulatorio}}{APRC+10*RM+10*RO} \geq 10\%$$

En dicha ecuación el capital regulatorio es el nivel mínimo exigido por el regulador y consta de tres partes tier 1, que incluye capital suscrito y utilidades capitalizadas; tier 2, que incluye instrumentos híbridos y deuda subordinada; y tier 3, que incluye deuda subordinada con vencimiento mayor a dos años.

Mientras que los activos ponderados por riesgo de mercado, crédito y operacional son calculados siguiendo los lineamientos propuestos por el comité de Basilea.

Adicional a los requerimientos de capital anteriormente mencionados se suman otros requerimientos de capital conocidos como “colchones de conservación de capital”, “colchones de capital anticíclico” y ciertas ratios de liquidez que siguen los lineamientos de Basilea III, mas no la propuesta exacta de Basilea III. En ese sentido se podría indicar que actualmente los requerimientos de capital para el caso peruano siguen principalmente la propuesta de Basilea II con ciertos lineamientos de Basilea III.



3. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Esta sección de la revisión de la literatura se divide en dos partes. La primera parte desarrolla la literatura de los determinantes del apalancamiento bancario; y la segunda parte desarrolla la aplicación de la teoría del portafolio a los bancos para poder estudiar los determinantes del apalancamiento bancario.

3.1 DETERMINANTES DEL APALANCAMIENTO BANCARIO

Dado que los bancos son intermediarios financieros que actúan con altos niveles de apalancamiento, existen dos factores que determinan sus niveles de apalancamiento, según la literatura bancaria.

Por un lado, está la disciplina de mercado, entendida como la presión que ejercen los inversionistas y agencias externas de clasificación crediticia sobre los bancos, juega un rol importante en los niveles de capital de los bancos. Las agencias de clasificación crediticia tienen dos maneras de ejercer presión sobre el capital de los bancos. La primera manera es a través de la metodología utilizada por las agencias, las cuales toman en cuenta los niveles de capital de los bancos al momento de asignar una clasificación. Esto genera que los bancos fijen ciertos niveles de capital para tratar de conseguir ciertas clasificaciones. Por ejemplo, en un trabajo Wong y Gordon (2006) señalan que “An institution that seeks to have capital sufficient for an AA rating today (say, a one-year target solvency probability of 99.95%) might also want to have a 95% probability of remaining investment grade at the (given) horizon. This (extra) constraint creates a buffer for economic capital(p.15). Asimismo, los bancos que deseen acceder a ciertos mercados de capital como los derivados van a tener que cumplir con los niveles de capital exigidos por la metodología de las agencias clasificadores para obtener una clasificación crediticia que les permita acceder al mercado deseado. En esta línea, Jack et al (2002) encuentran que los bancos con clasificación crediticia menor a A- poseen una proporción pequeña de swap como parte de sus pasivos. Esto lleva a concluir a los autores que los bancos con una clasificación crediticia menor a A- tienen acceso muy reducido al mercado de swaps. Otro autor que encuentra los mismos resultados es Bhasin

(1995) quien compara el rating crediticio de los bancos estadounidenses que participan en los mercados Over the Counter (OTC) con los demás bancos, encuentra que el rating crediticio de los primeros es significativamente superior a los demás. No obstante, Matten (1998) encuentra que mantener altos niveles de capital no garantiza obtener una alta clasificación crediticia, aunque sí existe una relación entre niveles bajos de capital y niveles bajos de rating crediticio. La segunda manera es la descrita por Neir y Baumman (2002) quienes señalan que los bancos que tienen una clasificación crediticia tienden a mantener mayores niveles de capital debido a que revelan más información y esto permite a los inversionistas evaluar mejor el riesgo de los bancos y exigir mayores tasas de interés; sin embargo, para evitar estas mayores tasas los bancos aumentan su capital.

Por otro lado, la literatura señala que la regulación bancaria juega un rol importante en la determinación de los niveles de apalancamiento. Parte de esta literatura es la investigada por Ediz et al (1998) quienes señalan que existen dos niveles de capital el objetivo y el mínimo regulatorio siendo el primero mayor que el segundo. Lo que los autores encuentran es que los bancos ingleses aumentan sus niveles de capital ni bien caen por debajo del capital objetivo. Este capital objetivo que está por encima del capital mínimo regulatorio actúa tanto como un colchón de capital que ayuda a prevenir un incumplimiento del mínimo regulatorio así como un indicador de alerta. Por lo tanto, mantener el capital por encima del mínimo regulatorio es coherente con los objetivos de la regulación prudencial y refleja una alineación entre comportamiento de los bancos y el enfoque prudente del regulador (Ediz et al,1998).

Además de ajustar los requerimientos de capital mínimo, el regulador puede afectar el nivel de capital de los bancos de otras maneras. Por ejemplo, dependiendo de las normas y la reacción del supervisor ante un incumplimiento del mínimo regulatorio, los bancos pueden optar por mantener niveles de capital más altos de lo requerido para reducir el riesgo de un incumplimiento del mínimo regulatorio. Así, Buser y Chen (1981) afirman que la mayoría de los bancos operan a niveles de apalancamiento ligeramente por encima del mínimo

regulatorio como resultado de un balance de los costos explícitos e implícitos de la regulación contra los beneficios de un mayor apalancamiento. Siguiendo esta línea de investigación, Milne (2002) sugiere que los requisitos de capital actúan como un mecanismo de incentivo en el que una infracción da lugar a una sanción; esto lleva a que los bancos quieran tener más capital que el mínimo regulatorio.

3.2 BASES TEÓRICAS SOBRE EL ENFOQUE DE PORTAFOLIO PARA LA CALIBRACIÓN

Entre los primeros autores en proponer a los bancos como gestores de portafolios fueron Oliver D. Hart y Jaffe (1974) en un *paper* titulado “*On the Application of Portfolio Theory to depository Financial Intermediarias*”. Siguiendo la investigación desarrollada por Hart y Jaffe (1974) y debido a la importancia del capital en el sistema bancario, el desarrollo de una teoría del portafolio aplicada a los bancos que incluyera niveles de capital mínimo empezó a cobrar importancia. Entre los principales trabajos que empezaron a incluir el capital mínimo así como su regulación están los desarrollados por Kahane (1977), y Kim y Santomero (1998). El presente subcapítulo de bases teóricas se divide en dos partes: en la primera parte se describe el modelo teórico desarrollado por Hart y Jaffe (1974); y, en la segunda parte, se describe las evoluciones del modelo Hart y Jaffe desarrolladas por Kahane(1977),y Kim y Santomero (1988) en los que se discute las implicancias de los requerimientos de capital.

3.2.1 APLICACIÓN DE LA TEORÍA DEL PORTAFOLIO A LOS BANCOS

Hart y Jaffe(1974) discuten la aplicación de la teoría de portafolio desarrollada por Markowitz (1952) y James Tobin (1965) a intermediarios financieros que captan depósitos. Los autores señalan que dicha aplicación no es nueva pues existen extensiones de trabajos de Markowitz (1952) aplicadas a intermediarios financieros que realizan ventas en corto (short sales) o a fondos mutuos que habían sido desarrollados. En ese sentido, Hart y Jaffe (1974) señalan que dicha teoría del portafolio puede ser aplicada a cualquier intermediario financiero.

This notion is not, of course, entirely novel. For one thing, the extensions of the Markowitz-Tobin theory to include short sales and mutual fund

behavior indicate that at a sufficiently high level of abstraction the available theory may be directly applicable to financial intermediaries.(p.1).

Hart y Jaffee (1974), no obstante, hacen una acotación señalando que para el desarrollo de una extensión del modelo de Markowitz (1952) a los intermediarios financieros que captan depósitos, como los bancos comerciales, se debe incluir ciertos factores institucionales y de mercado. Por ello, proponen tres aspectos importantes que hacen únicos a los bancos. En primer lugar, señalan que el pasivo principal de los bancos son los depósitos y gran parte de sus activos son instrumentos financieros comprados en el mercado de capitales, pero dichos activos y pasivos están sujetos a diferentes restricciones.

First, although the institutions may issue a variety of deposit liabilities and hold a variety of assets, legal and institutional prohibitions restrict the classes of securities that may be used for each purpose. Second, the institutions are not allowed to sell any of their assets short. Third, the institutions must meet some form of reserve or liquidity requirement that ties the specific form of their asset holdings to the specific form of their liability holdings. (Hart and Jaffee,1974,p.130).

Estas restricciones hacen que la naturaleza de sus activos y pasivos sean diferentes a otros intermediarios financieros, lo cual, como se señaló anteriormente obligan a realizar una extensión del modelo de Markowitz (1952) diferente a las aplicadas a otros intermediarios financieros, que no sean bancos.

En segundo lugar, otro aspecto importante es la existencia y tamaño del patrimonio en intermediarios financieros. Para el caso de hogares, se asume que gran parte de los activos es respaldado con patrimonio, es más la teoría desarrollada por Markowitz (1952) se basa en la asignación del patrimonio del individuo a ciertos activos. Pero el caso de los bancos es diferente ya que tienen un patrimonio relativamente pequeño respecto a sus pasivos. "The distinguishing characteristic of financial intermediaries, in contrast to household units, therefore, is the absence of a large and fixed net worth component of total liabilities"(Hart and Jaffe,1974,p. 130).

Finalmente, los autores señalan que no se debe considerar la existencia de activos libres de riesgo para intermediarios financieros por dos motivos:

First, it is commonly noted that even cash assets, which are nominally risk-free, do take on risk in terms of real profit levels in periods of changing prices. Second, an important problem for financial intermediaries is their inability to match perfectly the maturities of assets and liabilities within a fixed planning period. For example, in the common case, deposits have a shorter maturity than at least some of the assets the intermediary holds, and thus the intermediary runs the risk, even abstracting from stochastic flow problems, that when its deposits mature and have to be re-issued, the market yield on deposits. (Hart and Jaffee, 1974, p.132).

Una vez incluido los factores institucionales y de mercado² los autores pasan a desarrollar su modelo. Una de las principales características del modelo de Hart y Jaffe (1974) es la existencia de tanto activos como pasivos. Entonces en el modelo de Hart y Jaffee existen $n+m$ activos y pasivos donde los primeros n son activos y los últimos m son pasivos. Asimismo, la cantidad asignada a cada instrumento se representa con una x_i . Teniendo en cuenta esto, los autores asumen que la suma de los pasivos y activos es igual a cero, lo cual significa que el patrimonio es igual a cero.

El resultado principal de los autores es una frontera eficiente lineal en un espacio media-varianza; cabe señalar que se llega a esta conclusión debido a que el capital es cero, es decir, $\sum_i^{n+m} x_i = 0$.

El modelo realizado por Hart y Jaffe (1974) muestra que a los bancos se les puede aplicar la teoría de desarrollada por Markowitz (1952). Uno de los puntos más resaltantes del modelo de Hart y Jaffee (1974) es la condición de que el patrimonio es 0. Esto se debe a que los autores consideran que los bancos operan con altos niveles de apalancamiento, los cuales pueden ser aproximados

² Los factores de mercado son básicamente que los intermediarios financieros actúan en un mercado perfectamente competitivo en el que solo son tomadores de precios.

a través de una consideración de capital igual a 0, lo cual lleva a una frontera eficiente lineal.

3.2.2 LOS REQUERIMIENTOS DE CAPITAL EN LA TEORÍA DEL PORTAFOLIO

Luego de la extensión al modelo Markowitz realizada por Hart y Jaffee (1974) surgen trabajos en los que se introduce al capital debido a su amplia regulación y su impacto sobre el comportamiento de los bancos.

Uno de los primeros trabajos que desarrolla el impacto del capital regulatorio sobre el apalancamiento de los bancos y en consecuencia sobre la frontera eficiente, es el desarrollado por Kahane (1977); y, a diferencia de los Hart y Jaffe (1974), el autor incluye el capital. Este capital es regulado con el propósito de restringir la probabilidad de bancarrota, lo cual ocurre cuando el capital es totalmente eliminado en el periodo final.

A diferencia del resultado de Hart y Jaffe (1974), donde la frontera eficiente es una línea recta, Kahane (1977) muestra una curva como frontera eficiente debido a la inclusión de capital. Asimismo, en el gráfico N°2 se puede observar que existe una línea recta que atraviesa las fronteras eficientes. Esta línea recta, que es la restricción de bancarrota³, divide la frontera eficiente en dos partes en la que el lado derecho presenta una mayor probabilidad de insolvencia en comparación del lado izquierdo de la recta.

Una explicación de la línea recta que atraviesa la frontera es la desarrollada por Heggstad (1978) y Roy (1952). Dado que el capital está normalizado a 1 en el periodo inicial, el banco entra en insolvencia cuando el retorno del portafolio al final del periodo es menor a -1, es decir desaparece todo el capital inicial. Por ello, dado el retorno del promedio del portafolio y la desviación estándar del portafolio estimado en base a información pasada, Roy (1952) señala que no es posible determinar con esta información la probabilidad precisa de que el retorno final sea igual o menor a -1, la única alternativa abierta es un cálculo del límite

³ Para el presente trabajo el termino insolvencia y bancarrota es el mismo

superior de esta probabilidad. Esto puede ser logrado utilizando la desigualdad de Chebyshev⁴, siendo el límite superior igual a $\frac{\sigma_p^2}{(E_p+1)^2}$ como se muestra en las siguientes ecuaciones:

$$PR(|R_p - E_p| \geq E_p + 1) \leq \frac{\sigma_p^2}{(E_p+1)^2} \quad (1)$$

Entonces, resolviendo se obtiene

$$PR(E_p - R_p \geq E_p + 1) = PR(R_p \leq -1) \leq \frac{\sigma_p^2}{(E_p+1)^2} \quad (2)$$

Donde:

R_p es la variable del retorno del portafolio

σ_p^2 es la desviación estandar de un portafolio eficiente

E_p es el retorno de un portafolio eficiente

Asimismo, Heggstad (1978) encuentra que la pendiente de la recta que atraviesa la frontera eficiente es la inversa de la raíz cuadrada del límite superior de la probabilidad de insolvencia, para un determinado portafolio, la cual es constante a lo largo de toda la recta. La recta puede ser representada un plano de media varianza a través de la siguiente ecuación:

$$E = -1 + \frac{(E_p+1)}{\sigma_p} * \sigma \quad (3)$$

Donde:

$\frac{(E_p+1)}{\sigma_p}$ es iguala a $[PR(R_p \leq -1)]^{-1/2}$, la cual puede ser obtenida de la ecuación

N°1

Para lograr niveles bajos de probabilidad de insolvencia, los reguladores van a buscar que los bancos elijan portafolios con baja desviación estándar, ya sea

⁴ Para más detalles ir al anexo

imponiendo un ratio mínimo como pasivos sobre capital o limitando la composición del portafolio. Por ello, a más requerimientos de capital la pendiente aumenta y la probabilidad de insolvencia disminuye. Adicionalmente, los portafolios que cumplen los niveles de solvencia deseados por el regulador van a ser aquellos que satisfacen la siguiente ecuación:

$$E \geq -1 + \frac{(E_p+1)}{\sigma_p} * \sigma \quad (4)$$

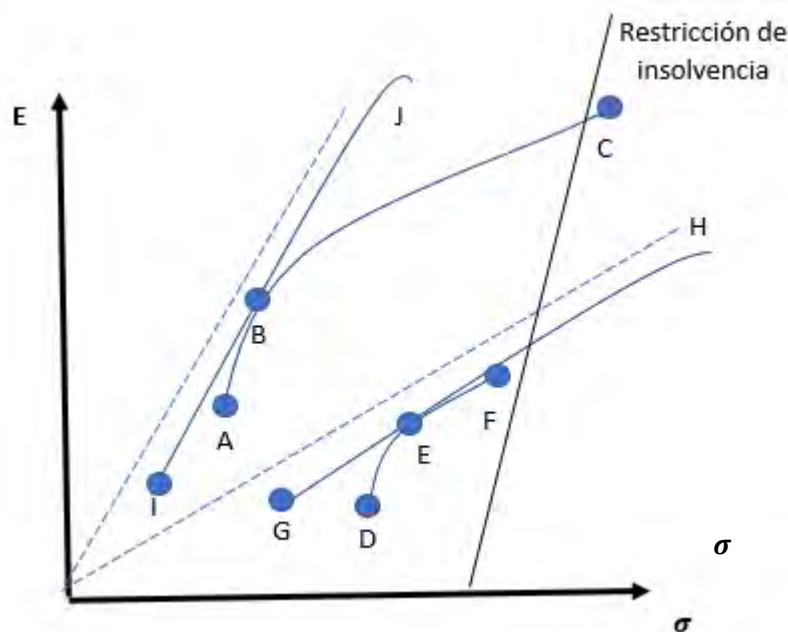
En el gráfico N°2, la frontera curva GBF es la obtenida sin la restricción de capital es una igualdad mientras que la curva ABF es obtenida si la restricción de capital es una desigualdad. Como se puede observar, el portafolio C cumple con las restricciones de apalancamiento (cumple con el ratio); sin embargo, no cumple la restricción de bancarrota, pues el portafolio se encuentra al lado derecho del punto B, lo cual significa una excesiva probabilidad de bancarrota.

Otra forma de tratar de controlar la probabilidad de bancarrota es restringiendo la composición del portafolio. Esta restricción de la composición del portafolio sumada a la restricción de apalancamiento permite que esta nueva frontera DEF cumpla con la restricción de bancarrota al encontrarse al lado izquierdo de la recta del gráfico N°2. No obstante, esta conclusión puede ser incorrecta si el banco puede alcanzar cualquier nivel de apalancamiento. Así, la nueva frontera con restricción de la composición del portafolio GEH deja de cumplir con la restricción de bancarrota al existir portafolios H que cumplen con la restricción de composición de portafolio, pero tienen una excesiva probabilidad de bancarrota, pues el nivel de apalancamiento no es acotado.

Por ello, los autores llegan a la conclusión de que la única manera de limitar la probabilidad de bancarrota de un intermediario financiero es combinando una restricción de composición de portafolio y una restricción de apalancamiento.

It becomes clear that minimum capital requirements or constraints on the portfolio composition per se cannot be regarded as effective means of bounding the probability of ruin. This goal can be reached only by simultaneously using the two instruments. (Kahane, 1977, p.2017)

Gráfico N° 2: Frontera eficiente de un banco con restricciones de capital y activos



Fuente: Kahane (1974) Elaboración Propia

Por otro lado, Kim y Santomero (1988), al igual que Kahane (1974), buscan evaluar la efectividad de un requerimiento capital más estricto sobre los bancos utilizando la teoría del portafolio. Para esto simulan dos escenarios donde el requerimiento de capital es fijo, es decir, una ratio, y otro donde el requerimiento de capital es ajustado por riesgo, como el propuesto por el Basilea I.

En el primer escenario Kim y Santomero (1988) proponen un modelo de media varianza para ver el efecto de un requerimiento de capital sobre la frontera eficiente que se puede resumir en las siguientes ecuaciones:

$$\text{Min } \frac{1}{2} \sigma_k^2 = X' V X = \begin{bmatrix} 1 - 1/k & X_1' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_0^2 & V_1' \\ V_1 & V_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 - 1/k \\ X_1' \end{bmatrix} \quad (\text{a})$$

$$\text{Sujeto a: } E_k = \left(1 - \frac{1}{k}\right) u_0 + X_1' * U_1 \quad (\text{b})$$

$$X_1 > 0 \text{ y } 0 < k \leq 1 \quad (\text{c})$$

$$\frac{1}{k} = X_1' e \quad (\text{d})$$

Donde:

u_0 y σ_0^2 son la media y la varianza de los costos de los depósitos.

U_1 es un vector $n \times 1$ de los retornos de los activos u_i para $i = 1, \dots, n$.

V_1 es un vector $n \times 1$ de la covarianza σ_{0i} entre el costo de los depósitos y el retorno de los activos. V_2 es una matriz $n \times n$ de varianza y covarianza σ_{ij} de los retornos de los activos para $i, j = 1, \dots, n$.

X_1 es un vector $n \times 1$ de x_i , que es el activo i mantenido, como proporción del capital y $X_1 \geq 0$.

e es un vector $n \times 1$ con los primeros $(n - 1)$ elementos de 1 y los n elementos 0.

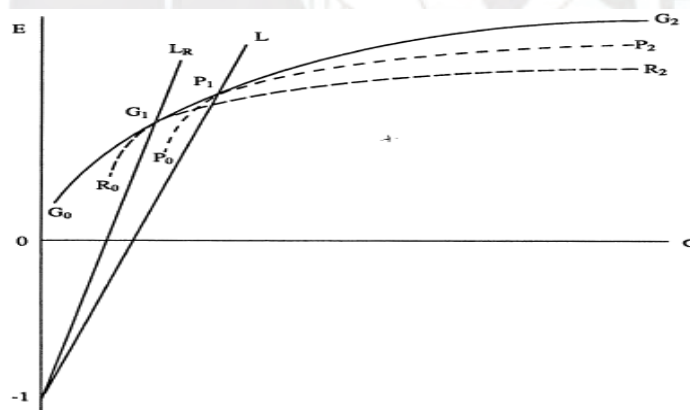
E_k y σ_k son el valor esperado y la desviación estándar por retorno de unidad de capital.

Para ver los efectos sobre la frontera eficiente de diferentes requerimientos de capital, proponen dos niveles de ratios k y k_r donde k_r es mayor a k al tener un requerimiento de capital mayor o un menor apalancamiento. Entonces para un nivel de ratio de capital k_r la frontera se traslada hacia la izquierda y abajo formando una nueva frontera $R_0 G_1 R_2$, y para niveles de requerimientos de capital k la frontera se desplaza hacia abajo formando una nueva frontera $P_0 P_1 P_2$. Como se puede observar en el gráfico N° 3 ambas fronteras recaen sobre un punto de la frontera eficiente $G_0 G_2$.

Estos requerimientos de capital son impuestos con el objetivo de lograr los estándares de solvencia deseados por el regulador. Así, los requerimientos de capital están asociados a diferentes niveles de probabilidad de insolvencia. Por ejemplo, para el caso de un requerimiento de capital más exigente k_r , la frontera eficiente se traslada hacia abajo e izquierda, forzando a los bancos a elegir el portafolio G_1 o portafolios ubicados al lado izquierdo de G_1 de la frontera $R_0 G_1 R_2$. Estos portafolios cumplen con los niveles de solvencia deseados, al estar asociados a niveles de probabilidad de insolvencia permitidos por el regulador representado en la pendiente del rayo L_R y las demás pendientes de los rayos

con una pendiente mayor al rayo L_R asociados a portafolios ubicados a la izquierda del portafolio G_1 , pues al aumentar la pendiente del rayo L_R la probabilidad de insolvencia disminuye. Esto puede ser corroborado al remplazar el retorno y varianza de portafolios que se ubiquen al lado izquierdo de G_1 en la ecuación N°2, lo cual muestra que la probabilidad de insolvencia disminuye.

No obstante, pese a que el objetivo del regulador sea limitar la probabilidad de insolvencia de los bancos a través de los requerimientos de capital (k_r) formando una frontera eficiente $R_0 G_1 R_2$. Este objetivo va a depender de la función de utilidad del banco o del grado de aversión al riesgo, pues la frontera $R_0 G_1 R_2$ cumple con los requerimientos de capital; sin embargo, para portafolios a la derecha de G_1 , que pueden ser elegidos por los banqueros con nivel de aversión al riesgo bajo, la probabilidad de insolvencia es mucho mayor a la deseada por el regulador, pese a cumplir con los requerimientos de capital del regulador. Gráfico N°3: Impacto de los requerimientos de capital en la frontera eficiente



Fuente: Kim y Santomero (1988) Elaboración: Kim y Santomero

Así, Kim y Santomero (1988) concluyen que los bancos que son más adversos al riesgo tenderán a responder a los requerimientos de capital escogiendo activos menos riesgosos que aquellos que son menos adversos al riesgo. Como consecuencia, el efecto de los requerimientos de capital del sistema bancario en su conjunto depende de la distribución de la aversión al riesgo entre los bancos. Requisitos de capital más estrictos podría hacer que algunos bancos sean más seguros, algunos más riesgosos y el sistema bancario en su conjunto ya sea más o menos seguro. Asimismo, uno de los resultados del trabajo de Kim y

Santomero (1988) es que imponer ratios fijos de requerimientos de capital genera que ciertos bancos con bajos niveles de aversión al riesgo escojan portafolios ineficientes y no cumplan los niveles de solvencia deseados por el regulador.

In spite of the elimination of a portion of the bank's opportunity set by leverage restrictions, the dependence of the portfolio choice on the individual (risky) bank's preference impairs the effectiveness of the regulators' efforts to reduce insolvency risk through capital ratio regulation. In addition, to the extent that each bank may face a different opportunity set (thus, a different risk profile) due to, for example, the current branching laws or a specific liability structure, a uniform capital ratio regulation can hardly be an effective way to bound the insolvency risk in line with the flat insurance premium structure(Kim y Santomero,1988,p.1227).

En el segundo escenario Kim y Santomero (1988) plantean un modelo en el que los requerimientos de capital sean sensibles al riesgo asumido por el banco similar al propuesto por el Comité de Basilea en 1988. En dicho escenario los autores concluyen que una manera de eliminar el efecto contraproducente de los requerimientos de capital es a través de la ponderación de los activos por riesgos para que los requerimientos de capital sean efectivos. De acuerdo a este nuevo capital basado en riesgo los activos serán asignados a diferentes categorías de riesgo y se les asignará un peso de riesgo para determinar el capital mínimo que deberá mantenerse por cada activo. En ese sentido, el nuevo requerimiento de capital dependerá del nivel de riesgo de los activos del portafolio:

One way a regulator might try to address the potential for at least some banks to choose a riskier asset portfolio is to risk-weight banks' assets, as in the original Basel I system implemented in the early 1990s. Kim and Santomero extend the portfolio-selection approach to analysis of an asset-risk-weighted system and provide support for this approach, as long as the weights are optimally set. (VanHosse,2017,p.178).

4 METODOLOGÍA

Para analizar el efecto del requerimiento de capital sobre el apalancamiento bancario, se estima dos fronteras eficientes, una sin restricciones y otra con restricciones, siguiendo el modelo de Kim y Santomero (1988) con información pasada del periodo 2015-2019.

El modelo de Kim y Santomero (1988) permite evaluar el impacto de los requerimientos de capital sobre el apalancamiento bancario al poder comparar la frontera eficiente sin restricciones y una frontera con restricciones de capital. Asimismo, el modelo permite la existencia de pasivos, a través de ventas en corto.

Para construir la frontera eficiente se divide el portafolio de los bancos en 4 activos y 2 pasivos, lo cual implica una simplificación del portafolio de los principales bancos comerciales. Esto se debe a que existen activos o pasivos con los que no se cuenta información sobre su rentabilidad; así como, a la necesidad de disponer una disgregación adecuada para el análisis. Los activos y pasivos se resumen en el siguiente cuadro N°2.

Cuadro N° 2: Activos y Pasivos del Portafolio de los Bancos

Activo	Descripción
Bono Soberano Peruano	Bono soberano emitidos en soles por el Estado peruano con vencimiento en 10 años
Créditos en Moneda Nacional	Créditos vigentes otorgados por las empresas bancarias en moneda nacional
Certificado de Depósito del Banco Central de Reserva del Perú	Certificados de depósito del Banco Central de Reserva del Perú emitido en moneda nacional a un plazo de 3 meses
Bonos Corporativos	Bonos corporativos emitidos por empresas no financieras en mercados emergentes en soles
Bonos Bancarios	Bonos emitidos por bancos en moneda nacional con vencimiento en 5 años
Depósitos en Moneda Nacional	Depósitos vigentes en empresas bancarias en moneda nacional

Fuente: Banco Central de Reserva del Perú , Superintendencia de Banca, Seguros y AFP

Elaboración: Propia

Los datos sobre los retornos de los activos y pasivos incluidos, para la estimación de la frontera eficiente corresponden a una frecuencia mensual para el periodo enero de 2015-diciembre de 2019. Debido a la necesidad de tener un retorno de portafolio en moneda nacional y estimar los retornos reales de los activos y pasivos se hacen algunas modificaciones que serán explicadas.

Por el lado de los activos, se hace una modificación al retorno de los bonos corporativos que están en dólares para tener un retorno en soles. La modificación que se hace es sumar la variación del tipo de cambio nominal al retorno del bono corporativo en dólares para obtener un retorno en soles aproximando del bono corporativo. Esto se puede resumir en la siguiente ecuación:

$$r. \text{ del bono corporativo en } MN_t = r. \text{ del bono corporativo en } ME_t + \Delta TC_t$$

Donde:

$r_{\text{Bono corporativo proxy}}$ es el retorno anual del bono corporativo en soles

$r_{\text{bono corporativo}}$ es el retorno anual del bono corporativo en dólares

ΔTC es la variación del tipo de cambio nominal (sol/dólar)

Adicionalmente, se hace una modificación al retorno de los créditos en moneda nacional de tal manera que refleje el verdadero retorno debido a que es un activo en el que muchas veces se presenta un incumplimiento de pago. Para reflejar esta pérdida sobre el retorno del activo se utiliza la morosidad del sistema bancario y la pérdida dado el incumplimiento (LGD, Loss Given Default). La morosidad mensual del sistema bancario para el periodo analizado enero 2015 – diciembre 2019 tiene un promedio de 2.9% y la pérdida dado el incumplimiento se ubica en 45%, es decir, de un crédito en moneda nacional que es incumplido solo se logra recuperar el 55% del total del monto prestado. Este nivel de pérdida dado el incumplimiento de 45% sigue los lineamientos del Nuevo Acuerdo de Capital del 2004. Con estos datos se estima el retorno ajustado del crédito en moneda nacional, el cual se muestra en la siguiente ecuación:

$$r_{\text{de los créditos en MN ajustado}_t} = (((1 + r_{\text{de los créditos en MN}_t}) * (1 - m_t)) - (LGD * m_t)) - 1$$

Donde:

$r_{\text{de los créditos en MN ajustado}_t}$ es el retorno de los créditos en moneda nacional ajustada por la morosidad del sistema bancario y la pérdida dado el incumplimiento.

$r_{\text{de los créditos en MN}}$ es la tasa activa en moneda nacional

m_t es la tasa de morosidad del sistema bancario

LGD es la pérdida dado el incumplimiento de los créditos en MN

Para el caso de los pasivos, el único cambio que se hizo fue al retorno de los bonos emitidos por los bancos peruanos para obtener un retorno en moneda nacional. Para dicho cambio se utilizó el retorno del bono del tesoro americano a 5 años, el spread asociado a la clasificación crediticia de los bancos y la variación del tipo de cambio (sol/dólar). Con estos datos se estima el retorno de los bonos bancarios en moneda nacional de la siguiente manera:

$$r. \text{ del bono bancario en } MN_t = r. \text{ del bono del tesoro americano}_t + \text{spread bancario}_t + \Delta TC_t$$

Donde:

$r. \text{ del bono bancario en } MN_t$ es el retorno de los bonos emitidos por los bancos en moneda nacional.

$r. \text{ del bono del tesoro americano}_t$ es el retorno el bono del tesoro americano con vencimiento en 5 años.

spread bancario_t es el spread asociado a la clasificación crediticia de los bancos

ΔTC es la variación mensual del tipo de cambio (sol/dólar)

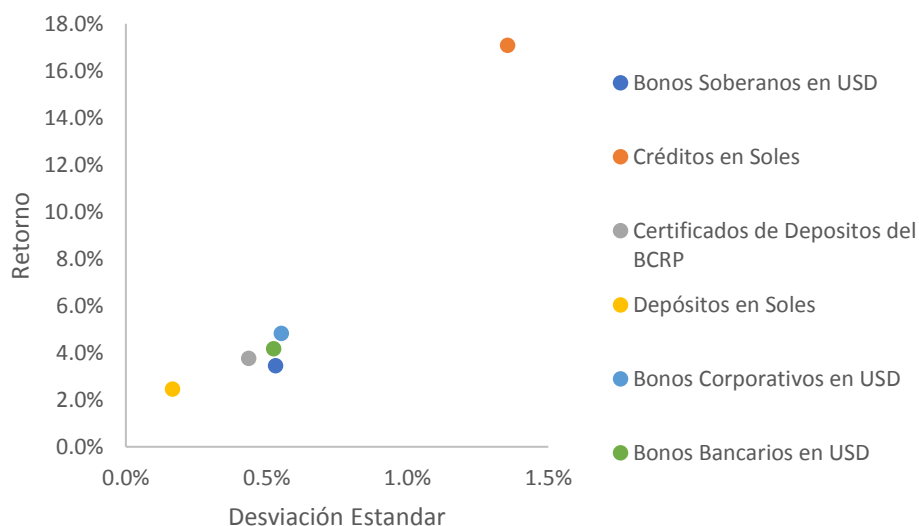
Los demás retornos de los activos y pasivos son utilizados sin modificación de sus respectivas fuentes de información para estimar las fronteras eficientes con y sin restricción.

4.1 ESTIMACIÓN DE LA FRONTERA EFICIENTE DE LOS PRINCIPALES BANCOS DEL PERÚ

En el gráfico N°4 se muestra el retorno y desviación estándar de cada uno de los activos y pasivos considerados para el portafolio de los bancos para el periodo enero 2015-diciembre 2019. Se puede observar que el activo más volátil es el crédito en moneda nacional y el menos volátil es el depósito en moneda nacional,

que es el pasivo mientras que el resto de los activos y pasivos se encuentran entre el activo y pasivo mencionado anteriormente.

Gráfico N°4: Retorno y Deviación Estándar de los Activos de los Bancos



Fuente: Superintendencia de Banca, Seguros y AFP, Terminal de Bloomberg Elaboración: Propia

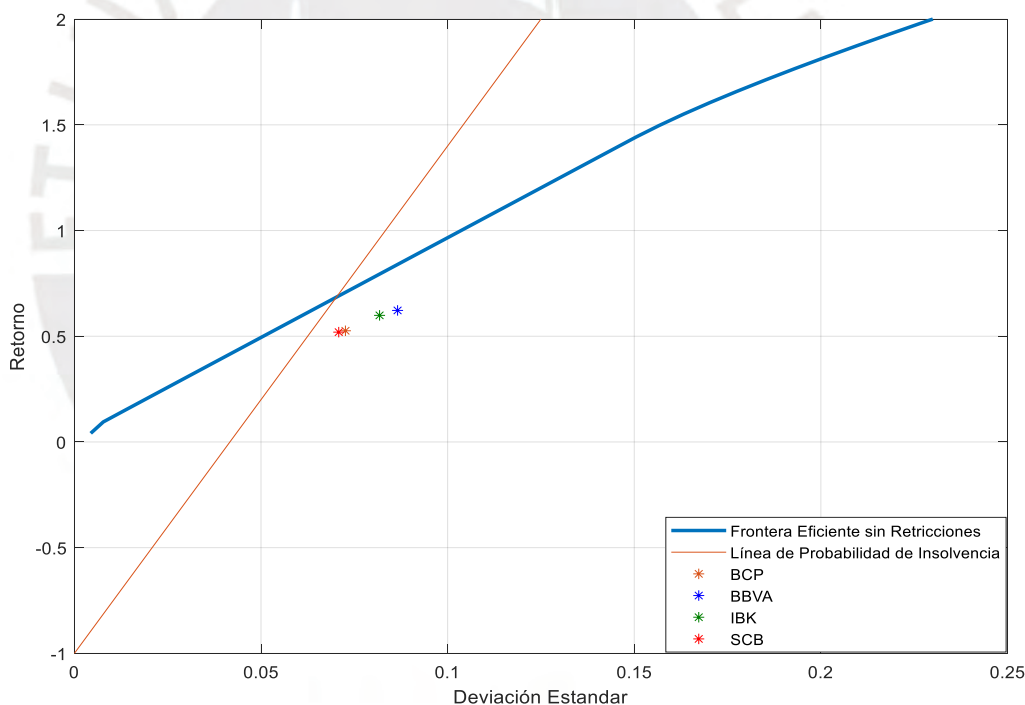
La composición óptima de los activos y pasivos considerados no solo va a depender de la minimización de la desviación estándar dado un nivel de retorno sino también del nivel de apalancamiento de los bancos, debido a su naturaleza de los bancos como captadores de depósitos. Asimismo, la selección de un portafolio, por parte de los bancos, va a depender de las preferencias al riesgo.

Una vez seleccionados los activos y pasivos que componen los portafolios de los bancos se estima la frontera eficiente usando el modelo de Kim y Santomero (1988) para un nivel de apalancamiento superior al impuesto por las SBS. Esta frontera muestra portafolios factibles que minimizan la varianza para un nivel de retorno dado con altos niveles de apalancamiento y asume que los bancos tienen un nivel de apalancamiento bastante alto, la cual se muestra en el gráfico N°5⁵.

⁵ Para la estimación de los gráficos se utilizó el programa informático Matlab.

La frontera eficiente que se obtiene sin restricción de apalancamiento tiende a ser una línea recta debido a la posibilidad de apalancamiento mientras fronteras eficientes en las que el apalancamiento no es permitido la frontera que se obtiene es casi cóncava. Asimismo, un detalle que se puede observar es el riesgo, medido a través de la desviación estándar, de los portafolios entre distintos bancos es diferente siendo el portafolio de BBVA el de mayor riesgo y el portafolio ScotiaBank el de menor riesgo.

Gráfico N°5: Estimación de la Frontera Eficiente (sin restricciones de apalancamiento)



Fuente: Superintendencia de Banca, Seguros y AFP, Terminal de Bloomberg Elaboración: Propia

El cuadro N°3 muestra que los créditos y depósitos poseen una frecuencia, que es el número de veces que un activo a pasivo aparece en los portafolios eficientes sobre el total de portafolios eficientes, de 100%. Asimismo, dicha frecuencia muestra la característica esencial de los bancos de captación de

recursos a través de depósitos y su asignación de recursos a la economía a través de créditos (Ver Anexo).

Cuadro N°3: Participaciones en los Portafolio sin Restricciones

Activo	Máximo	Mínimo	Frecuencia
Bonos Soberanos en USD	14.04	0.00	50.0%
Créditos en Soles	23.00	0.08	100.0%
Certificados de Depositos BCRP	0.59	0.00	2.5%
Depósitos en Soles	0.00	-22.00	100.0%
Bonos Corporativos en USD	11.89	0.00	97.5%
Bonos Bancarios en USD	0.00	-18.44	97.5%

Fuente: Superintendencia de Banca, Seguros y AFP, Terminal de Bloomberg Elaboración: Propia

4.2 EFECTOS DE LOS REQUERIMIENTOS DE CAPITAL SOBRE EL APALANCAMIENTO BANCARIO

Los requerimientos de capital limitan los niveles apalancamiento. Para el caso del Perú el límite de apalancamiento se puede representar a través de un ratio Pasivo/Capital, el cual está limitado en 11 para el periodo analizado (2015-2019). Para la construcción del nivel de apalancamiento se utilizó datos anuales de los activos totales en soles y de los requerimientos de capital efectivo para el periodo 2015-2019. Entonces para la determinación del nivel de apalancamiento se obtiene, primero, el promedio de los activos totales de cada uno de los 4 principales bancos comerciales con frecuencia anual para el periodo 2015-2019 resumido en la columna (a). Luego se obtiene el promedio de los requerimientos de capital para el periodo 2015-2019 para cada banco resumido en la columna (b). Estos requerimientos de capital son la suma de activos ponderados por riesgo crediticio (APRC), riesgo de mercado (RM) y riesgo operacional (RO) reportados por los bancos a la SBS. Con esta información se divide el promedio de los activos totales con el promedio de los requerimientos de capital de los 4 bancos para el periodo 2015-2019 y luego se resta uno de lo cual se obtiene una

relación de pasivo capital de 11 en promedio. Esto se puede resumir en la columna (c) del cuadro N°4:

Cuadro N°4: Apalancamiento promedio (2015-2019) permitido por el Regulador

Principales Bancos Comerciales	Total de Activos (Miles de MilloneS/) (a)	Requerimientos de Capital (Miles de Millones S/) (b)	Apalancamiento o SBS (a/b - 1)
Banco de Crédito	102,250	8,324	11.3
Interbank	33,043	2,923	10.3
Scotiabank	45,515	3,992	10.4
BBVA Continental	64,198	5,112	11.6
Promedio	61,252	5,088	10.9

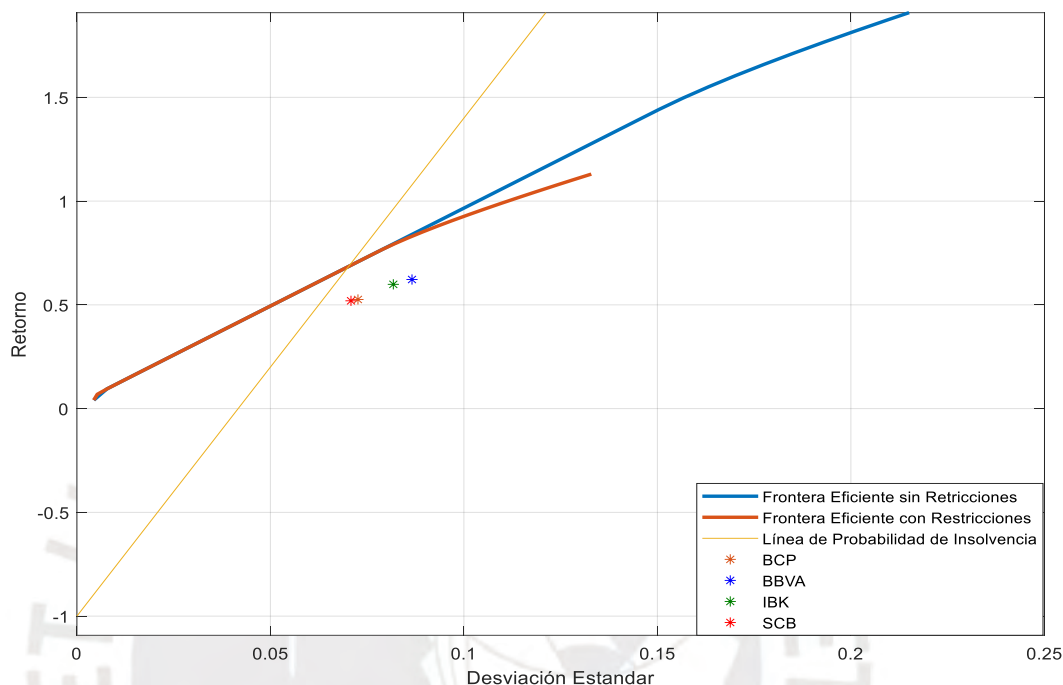
Fuente: Superintendencia de Banca, Seguros y AFP Elaboración: Propia

Una vez estimado el ratio de apalancamiento promedio de los bancos para el periodo 2015-2019, se estima la frontera teniendo como restricción el apalancamiento impuesto por la SBS de 11 veces el capital.

Para la estimación de los portafolios escogidos por los bancos, se utilizó los estados financieros del 2019 de cada uno de los 4 bancos publicados en la Superintendencia de Mercado de Valores (SMV) y se agrupó los activos y pasivos descritos en dichos estados financieros en 4 activos y 2 pasivos escogidos para la calibración de la frontera eficiente. Siguiendo el modelo de Kim y Santomero (1988), se halla el peso de cada uno de los activos y pasivos en términos del capital dentro del portafolio de los bancos.

Asimismo, para la estimación de la recta de límite superior de probabilidad de insolvencia se calibró que, para un nivel de apalancamiento de 11 veces el capital, el regulador tiene como límite de probabilidad de insolvencia de 0.2%. Entonces sacándole la inversa y luego la raíz cuadrada, se reemplaza en la ecuación N°2 obteniendo una recta con pendiente de 22 aproximadamente representada en el grafico N°6.

Gráfico N°6: Estimación de la Frontera Eficiente con restricciones de apalancamiento



Fuente: Superintendencia de Banca, Seguros y AFP, Terminal de Bloomberg Elaboración: Propia

En el gráfico N°6, se muestra la frontera eficiente una vez limitado el ratio de apalancamiento y la recta de probabilidad de insolvencia que provoca el ratio de apalancamiento limitado. Lo que se puede observar del gráfico es que los requerimientos de capital generan un nivel de apalancamiento de 11, lo cual causa que la frontera eficiente se traslade hacia abajo. Esto implica que para un nivel dado de riesgo se obtiene que el retorno de la frontera con restricción de apalancamiento es menor que la frontera sin restricción de apalancamiento. Asimismo, las restricciones de capital limitan que se obtenga mayores retornos, ya que con altos niveles de apalancamiento se podían obtener retorno de hasta 3 mientras que con restricciones de apalancamiento lo máximo que se podía obtener como retorno es de 1.5 aproximadamente. No obstante, este traslado no es lo suficiente como para poder englobar los portafolios escogidos por los bancos o explicar el nivel de apalancamiento escogido por los bancos.

Respecto a la recta que representa el nivel máximo de probabilidad de insolvencia permitido por el regulador, se puede observar que los bancos eligen portafolios con niveles de probabilidad de insolvencia superiores a los permitidos por el regulador, pues se encuentra al lado derecho de la línea de probabilidad de insolvencia.

Cuadro N° 5: Participaciones en los Portafolio con Restricciones

Activo	Máximo	Mínimo	Frecuencia
Bonos Soberanos en USD	7.25	0.00	50.0%
Créditos en Soles	12.00	0.08	100.0%
Certificados de Depositos BCRP	0.59	0.00	5.0%
Depósitos en Soles	0.00	-11.00	100.0%
Bonos Corporativos en USD	6.20	0.00	97.5%
Bonos Bancarios en USD	0.00	-9.49	97.5%

Fuente: Superintendencia de Banca, Seguros y AFP, Terminal de Bloomberg Elaboración: Propia

En el cuadro N°5 se observa que la frecuencia se mantiene si se los compara con el cuadro N°4, que es la frecuencia de los activos y pasivos en los portafolios sin ninguna restricción. Lo que se puede intuir es que las restricciones de apalancamiento no han afectado la composición de los portafolios eficientes de la frontera con restricciones, pues si se compara la frecuencia de un activo en la frontera eficiente sin restricciones con la frecuencia de un activo en la frontera eficiente con restricciones se mantiene en los mismos porcentajes. Entonces, el traslado de la frontera hacia abajo dada la restricción de apalancamiento solo reduce las cantidades que se asigna a cada activo.

En cuanto al portafolio escogido por los principales bancos comerciales del Perú, se puede observar que todos han escogido portafolios que resultan en medias y desviaciones estándar por debajo de ambas fronteras eficientes estimadas. El retorno, desviación estándar de cada portafolio y la composición de cada portafolio se puede resumir en el siguiente cuadro N°6.

Cuadro N° 6: Composición, Retorno y Desviación Estándar de los Bancos

Bancos	Retorno Est.	Riesgo Est.	Bonos Sob.	Créditos en MN	Certificados BCRP	Depósitos MN	Bonos Corp.	Bonos Ban.
BBVA	62.2%	8.7%	18.7%	541.1%	180.7%	-499.0%	48.7%	- 190.2%
IBK	59.9%	8.2%	27.8%	648.5%	210.2%	-615.5%	10.4%	- 181.4%
BCP	52.6%	7.3%	50.0%	612.0%	180.0%	-585.0%	46.0%	- 203.0%
SCB	52.0%	7.1%	22.0%	537.0%	148.0%	-453.0%	51.0%	- 205.0%

Fuente: Superintendencia de Mercado de Valores Elaboración: Propia

Lo que se puede observar en el cuadro N°6 es que el apalancamiento bancario se encuentra a un nivel de 7 veces el capital, el cual es inferior al nivel de 11 veces el capital permitido por la SBS. Asimismo, la composición del portafolio de los bancos difiere con los portafolios estimados en lo relacionado a los Certificados de Depósitos del BCRP, pues mientras en los portafolios de los bancos se le asigna un peso del doble del capital, en los portafolios eficientes con restricción el peso asignado a dicho activo es casi nulo. Esto indicaría que existe un importante rol de los requerimientos de encaje o liquidez al momento de estimar la frontera eficiente.

Esta elección de portafolios por debajo de la frontera con restricciones responde a la pregunta de si los requerimientos de capital regulatorio son los principales determinantes del apalancamiento bancario y, adicionalmente, si los bancos cumplen con los límites de probabilidad de insolvencia.

Así, se puede afirmar que los requerimientos de capital no son los principales determinantes del apalancamiento bancario y los objetivos de solvencia no son cumplidos por los bancos, al imponer los requerimientos de capital.

Por un lado, esta afirmación lleva a revisar la literatura sobre los determinantes del apalancamiento bancario, pues como se observa en cuadro N°6, los bancos operan con niveles de apalancamiento inferiores a lo requerido. Una de las explicaciones de la brecha entre el nivel de apalancamiento escogido por el banco y el permitido por el regulador es dada por la literatura de la disciplina de mercado. Esta disciplina de mercado, que fue desarrollada en la sección 3.1, presenta diversas maneras de cómo las agencias clasificadoras e inversionistas ejercen presión sobre el capital.

Por otro lado, siguiendo la metodología de Kim y Santomero (1988), los portafolios escogidos por los bancos tienen un nivel de probabilidad de insolvencia superior a lo permitido por el regulador al encontrarse al lado derecho de la recta de límite superior de probabilidad de insolvencia. Asimismo, la composición de los portafolios de los bancos es diferente a lo estimado a la frontera eficiente con restricciones. Una posible explicación de este hecho es la existencia de requerimientos de liquidez, los cuales no han sido incluidos para estimar las fronteras eficientes. Estos requerimientos de liquidez obligan a los bancos a tener parte de sus activos en cash, a través de encajes, o activos líquidos como Certificado de Depósitos del BCRP. Los requerimientos de liquidez que los bancos son obligados a cumplir se puede observar al asignar parte de su portafolios a estos activos líquidos como son los Certificados de depósitos, mientras que en las estimaciones de las fronteras eficientes con y sin restricciones el peso que se asigna a este activo casi nulo como se observa en los cuadros N° 4 y 5.

Finalmente, la aplicación del enfoque de portafolio a los bancos desarrollada por Kim y Santomero (1988) muestra, a través de una estimación de una frontera con restricción de capital, que los requerimientos de capital no son los principales determinantes del apalancamiento bancario, pues los bancos poseen niveles de apalancamiento inferiores al permitidos por el regulador. Además, los bancos no cumplen con los niveles de insolvencia deseados por el regulador. Estas afirmaciones parecen contradictorias, pues niveles bajos de apalancamiento representan bajos niveles de probabilidad de insolvencia. Sin embargo, esta

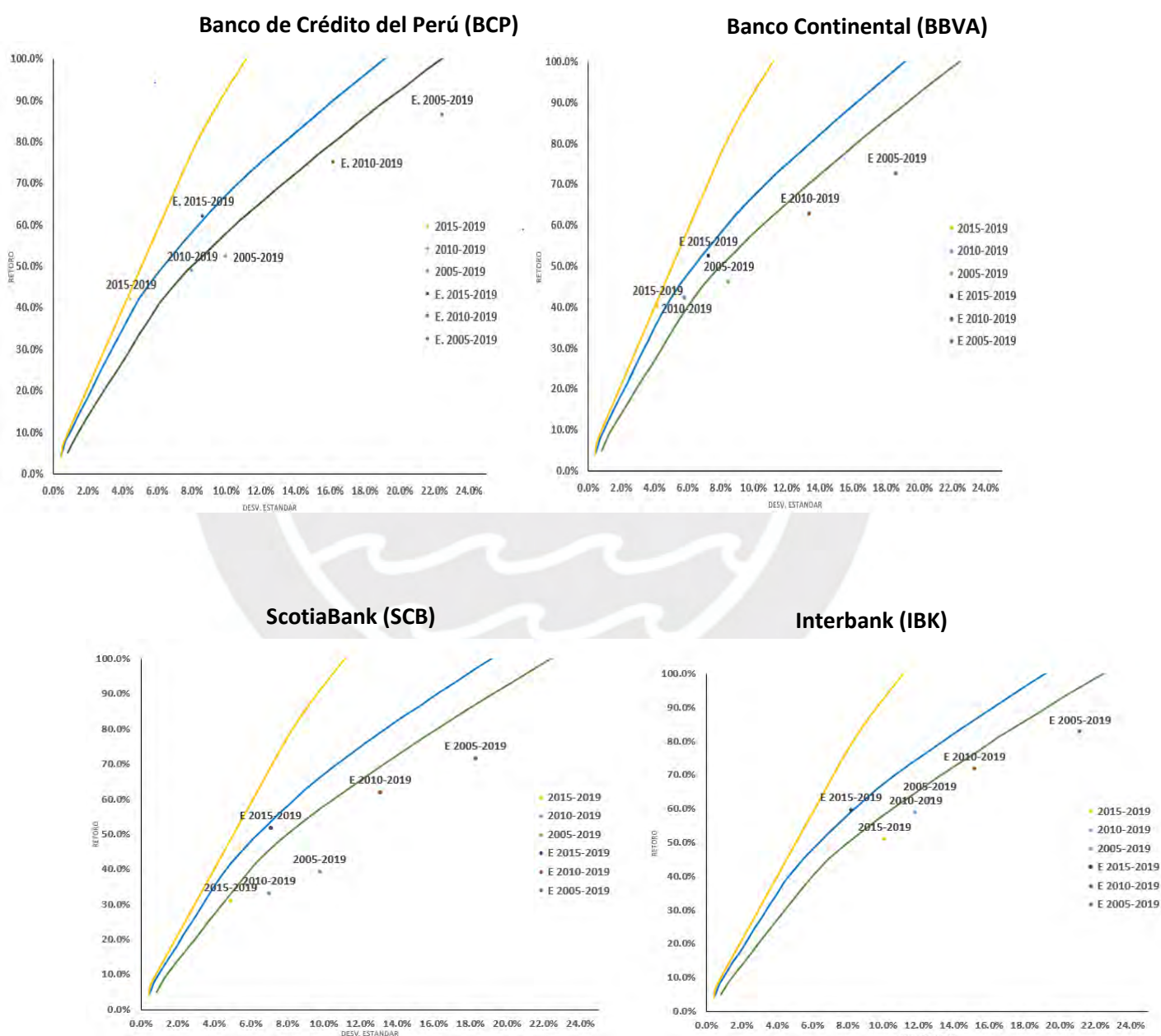
contradicción desaparece si se asume que la disciplina de mercado determina el apalancamiento bancario, pues esta disciplina de mercado ejercida por agencias clasificadoras e inversionistas obligan a los bancos a mantener niveles de apalancamiento más bajos de lo permitido por el regulador pues los inversionistas consideran que el riesgo asumido por el banco es mayor. Así, un ejemplo de esta disciplina de mercado ejercida por los inversionistas es la investigada por Nier y Bauman (2002) quienes señalan que los bonistas e inversionistas en pasivos de los bancos, pueden creer que la probabilidad de insolvencia asociada a mantener una cantidad de capital muy cercana al mínimo regulatorio es insuficiente para cubrir los riesgos que enfrenta. Esto llevará a los bancos a pagar una mayor tasa de interés al momento de emitir una deuda, pero para reducir los costos de esta forma de financiamiento, los bancos pueden optar por mantener más capital.

4.3 SENSIBILIDAD DE LA FRONTERA ANTE DIVERSOS ESCENARIOS

La frontera eficiente es un concepto dinámico y va a depender del entorno macroeconómico, político del país donde se invierte y de la forma de negocio del inversionista. Así, pareciera que no es recomendable que la muestra de retornos contenga un periodo demasiado corto, ya que los datos no podrían ser no representativos como lo señala Peredo (2007) en su trabajo de AFP. Sin embargo, esta afirmación no podría ser aplicada a bancos dado que la forma de inversión de los bancos es totalmente diferente al caso de las AFP. En ese sentido, para el caso de bancos, lo más recomendable es que la muestra de los retornos abarque periodos cortos por dos motivos. Primero, la naturaleza apalancada de los bancos los obliga a que exista un calce entre sus pasivos y activos; y dado que los bancos tienen pasivos en el que su duración es corta van a tratar de elegir activos de corto plazo para poder realizar este calce. Segundo, por motivos de liquidez, los bancos deben tener cierta cantidad de activos en efectivo o en activos de corta duración como certificados de depósitos. Por ello, lo más conveniente es usar una muestra de retorno para un periodo relativamente corto que logre captar la naturaleza de los activos y pasivos de los bancos.

En el gráfico N°8 se muestran diferentes fronteras eficientes una vez limitado el apalancamiento para tres periodos 2005-2019, 2010-2019, 2015-2019, siendo esta última la que se presentó en el sección 4.3 .

Gráfico N°7: Frontera eficiente con restricción de apalancamiento para diferentes periodos de los 4 principales bancos



Fuente: Superintendencia de Banca, Seguros y AFP, Terminal de Bloomberg, Superintendencia de Mercado de Valores Elaboración: Propia

Para comparar el retorno del portfollio estimado con el real, se utiliza el margen financiero neto y el patrimonio contable de cada banco. El margen financiero neto está compuesto por los ingresos financieros menos los gastos financieros y menos las provisiones para creditos. Se utiliza el margen financiero neto, ya que este margen financiero incluye únicamente los ingresos de los activos y los gastos de los pasivos; y deja de lado costos administrativos y otros costos de transaccion que no incluye la teoría del portafolio. Entonces se compara el retorno del portafolio estimado con el real que es el ingreso neto sobre el patrimonio para obtener un retorno sobre el capital.

Como se puede observar en el gráfico N°7, para los bancos BCP, BBVA, SCB e IBK los portafollios estimados y reales asociados a una frontera eficiente de periodo corto (2015-2019) representando por la linea amarilla son cercanos. No obstante, para periodos intermedios, identificados por la linea azul (2010-2019), y peridos largos, indicados por la linea verde (2005-2019), el retorno estimado es muy diferente al real conforme la muestra abarca más tiempo. Esto nos lleva a concluir que para los bancos lo ideal es utilizar periodos cortos, ya que como se mencionó anteriormente el modelo negocio es totalmente diferente a las AFP que son inversiones a largo plazo y tienen un estructura de pasivo y activo totalmente diferente. Finalmente, la principal diferencia de los portafollios estimados y reales para el periodo 2015-2019 es en la desviación estandar. Se observa que la desviación estandar estimada es el doble de la desviación estandar real de los portafollios a excepcion de IBK donde el retorno y la desviación estandar son similares como se muestra en el siguiente gráfico. Estos resultados se pueden resumir en el siguiente cuadro N°7:

Cuadro N°7: Porafolios Estimados y Reales de los bancos para el periodo 2015-2019

	Estimado		Real	
	Retorno	Desv. Est.	Retorno	Desv. Est.
BCP	52.59%	7.26%	40.45%	4.20%
BBVA	62.22%	8.66%	42.12%	4.50%
IBK	59.88%	8.18%	51.05%	10.08%
SCB	51.95%	7.08%	31.26%	4.90%

Fuente: Superintendencia de Banca, Seguros y AFP, Terminal de Bloomberg, Superintendencia de Mercado de Valores Elaboración: Propia

4.4 LIMITACIONES DEL TRABAJO

Usar el enfoque de portafolios para determinar cuál es el principal determinante del apalancamiento bancario tiene ciertas limitaciones. En primer lugar, se asume que los bancos operan en competencia perfecta; es decir, no pueden influir en los precios de los activos pues son tomadores de precio. Sin embargo, esto no se podría cumplir, ya que diversos estudios como el de Céspedes y Orrego (2014) muestran que la estructura de la industria bancaria peruana es la de una competencia monopolística. En segundo lugar, el modelo asume que no existe asimetría de información, lo cual no es cierto, pues una de las razones de la regulación bancaria es la existencia de la asimetría de información en el mundo bancario. Asimismo, el enfoque de portafolio asume que los retornos de los activos poseen una distribución normal, lo cual podría no ser realista dado que los retornos de los activos y pasivos generalmente siguen una distribución log normal. Finalmente, el enfoque de portafolio es un modelo estático en el cual no permite observar los efectos del apalancamiento a través del tiempo.

Otra de las limitaciones del trabajo es que no se incluye los requerimientos de liquidez al momento de estimar la frontera eficiente y estimar los portafolios de

los bancos . Esta limitación podría ser superada en futuros trabajos que utilicen el enfoque de portafolio y de esta manera, obtener nuevos resultados que aporten a la discusión de los determinantes del apalancamiento bancario.



5 CONCLUSIONES

Con el objetivo de determinar si los requerimientos de capital son determinantes del apalancamiento bancario, se utilizó como metodología el enfoque de portafolio desarrollado por Kim y Santomero (1988).

Con dicha metodología, se estimó la frontera eficiente con restricción de apalancamiento y la recta de límite superior de probabilidad de insolvencia. Se encontró que los requerimientos de capital limitan el apalancamiento bancario y este último llevó a que la frontera eficiente sin restricciones se traslade hacia abajo y los niveles máximos de retornos también disminuyan debido a las restricciones de apalancamiento. Al ubicar los portafolios de los principales bancos del Perú en el espacio de media varianza se obtuvo portafolios inferiores a la frontera eficiente con restricción, los cuales tenían niveles inferiores de apalancamiento permitidos por el regulador y no cumplían con los niveles de solvencia deseados por el regulador, pues los portafolios de los bancos se encontraban al lado derecho de la recta de probabilidad de insolvencia.

De estos hechos se llegó a la conclusión de que los requerimientos de capital no son los principales determinantes del apalancamiento bancario pues los bancos presentan niveles de capital superiores a los exigidos por regulador. Estos niveles superiores de capital podrían ser explicados por la fuerza que ejercen las agencias clasificadoras de riesgo e inversionistas sobre el capital bancario denominado disciplina de mercado.

Finalmente, se encontró que los requerimientos de liquidez tienen un rol importante dentro de los portafolios de los bancos, los cual deben ser incluidos dentro de futuras investigaciones sobre los determinantes del apalancamiento bancario.

BIBLIOGRAFÍA

- Barajas, et al (2004). Did the Basel Accord Cause a Credit Slowdown in Latin America *Economía*, 5(1), 135.
- Baumann, U. y Nier, E. (2002). "Market discipline, disclosure and moral hazard in banking", Bank of England (Draft)
- Baumann, U. y Nier, E. (2006). Market discipline, disclosure and moral hazard in banking. *Journal of Financial Intermediation*, 15(3), 332.
- Blair, R. y Heggstad, A. (1978). Bank Portfolio Regulation and the Probability of Bank Failure: Note. *Journal of Money, Credit and Banking*, 10(1), 88.
- Bhasin, V. (1995). On the credit risk of OTC derivative users. Federal Reserve Board working paper 95-50, November.
- Borio, C. (2011). Rediscovering the Macroeconomic Roots of Financial Stability Policy: Journey, Challenges, and a Way Forward. *Annual Review of Financial Economics*, 3(1), 87-117.
- Buser, S., Chen, A. y Kane, E. (1981). Federal Deposit Insurance, Regulatory Policy, and Optimal Bank Capital. *The Journal of Finance*, 36(1), 51.
- Ediz, T., Michael, I., Perraudin, W. (1998). The impact of capital requirements on UK bank behaviour. *FRBNY Economic Review*, October.
- Ferrari, M. A. (2019). Los requerimientos de capital en la legislación bancaria del Perú, su relación con la salvaguarda de los recursos del público y los

nuevos estándares de Basilea. Pontificia Universidad Católica del Perú

Flannery, M. J., y Rangan, K. P. (2008). What Caused the Bank Capital Build-up of

the 1990s? *Review of Finance*, 12(2), 391–429.

<https://doi.org/10.1093/rof/rfm007>

Freixas X. (2003) "An overall perspective on banking regulation," *Economics*

Working Papers 664, Department of Economics and Business, Universitat

Pompeu Fabra.

Freixas, X., y Rochet, J. (1997.). *Microeconomics of banking* (2nd ed.). MIT Press.

Hart, O. y Jaffee, D. (1974). On the Application of Portfolio Theory to Depository

Financial Intermediaries. *The Review of Economic Studies*, 41(1), 129.

International Monetary Fund (2018) *Financial system stability assesmet*. Washington

Jackson, et al. (2002). Regulatory and “economic” solvency standards for internationally active banks. *Journal of Banking and Finance*, 26(5), 953–976.

Jokivuolle, E. y Peura, S.(2006), Rating Targeting and the Confidence Levels Implicit in Bank Capital. *Bank of Finland Research Discussion Paper No. 27/2006*.

Kahane, Y. (1977). Capital Adequacy and the Regulation of Financial Intermediaries.

Journal of Banking & Finance, 1(2/3), 207–218.

[https://doi.org/10.1016/0378-4266\(77\)90007-3](https://doi.org/10.1016/0378-4266(77)90007-3)

- Kim, D., y Santomero, A. M. (1988). Risk in Banking and Capital Regulation. *Journal of Finance* (Wiley-Blackwell), 43(5), 1219.
- Markwitz, H. (1952). *Portfolio Selection*. Cowles Foundation Monograph N°16, New York.
- Matten, C. (1998). *Managing bank capital: capital allocation and performance measurement* (2nd edn), Chichester: Wiley.
- Nikita, C. Y Orrego, F. (2014). *Competencia de Intermediación Financieras en Perú*, Working Papers 2014-010, Banco Central de Reserva del Perú.
- Pereda, J. (2007). *Estimación de la frontera eficiente para las AFP en el Perú y el impacto de los límites de inversión:1995-2004*. Banco Central de Reserva del Perú.
- Roy, A. D. (1952). Safety First and the Holding of Assets. *Econometrica*, 20(3), 431.
- Tobin, J. (1965). *The theory of portfolio selection*. Hahn and Brechling. New York.
- Wong, S. C. P., & Gordon, A. (2006). The validity and reliability of the Violence Risk Scale: A treatment-friendly violence risk assessment tool. *Psychology, Public Policy, and Law*, 12(3), 279–309.

ANEXO

Cuadro N°8: Retorno, Riesgo y Composición de los Portfolios Eficientes sin Restricción

Retorno	Riesgo	Bonos Soberanos	Creditos en MN	Certificados del BCRP	Depósitos en MN	Bonos Corporativo	Bonos Bancarios
4.6%	1.0%	85.6%	7.9%	58.5%	0.0%	33.8%	-85.8%
13.13%	2.1%	280.8%	79.4%	0.0%	-4.6%	96.1%	-351.7%
21.7%	3.7%	505.5%	145.1%	0.0%	-74.4%	173.9%	-650.1%
30.3%	5.4%	730.1%	210.7%	0.0%	-144.1%	251.8%	-948.4%
38.9%	7.1%	954.7%	276.3%	0.0%	-213.8%	329.6%	-1246.8%
47.4%	8.7%	1179.3%	341.9%	0.0%	-283.5%	407.4%	-1545.1%
56.0%	10.4%	1403.9%	407.5%	0.0%	-353.2%	485.3%	-1843.5%
64.6%	12.3%	1303.3%	457.6%	0.0%	-413.6%	539.1%	-1786.4%
73.2%	14.5%	1199.7%	507.5%	0.0%	-473.8%	592.8%	-1726.2%
81.7%	17.0%	1096.1%	557.4%	0.0%	-534.1%	646.5%	-1665.9%
90.3%	19.6%	992.5%	607.4%	0.0%	-594.3%	700.2%	-1605.7%
98.9%	22.2%	888.9%	657.3%	0.0%	-654.6%	753.8%	-1545.4%
107.5%	24.9%	785.3%	707.2%	0.0%	-714.8%	807.5%	-1485.2%
116.0%	27.7%	681.7%	757.1%	0.0%	-775.1%	861.2%	-1424.9%
124.6%	30.5%	578.1%	807.1%	0.0%	-835.4%	914.8%	-1364.6%
133.2%	33.3%	474.5%	857.0%	0.0%	-895.6%	968.5%	-1304.4%
141.8%	36.1%	370.9%	906.9%	0.0%	-955.9%	1022.2%	-1244.1%
150.3%	39.0%	267.3%	956.9%	0.0%	-1016.1%	1075.8%	-1183.9%
158.9%	41.8%	163.7%	1006.8%	0.0%	-1076.4%	1129.5%	-1123.6%
167.5%	44.7%	60.1%	1056.7%	0.0%	-1136.6%	1183.2%	-1063.4%
176.1%	47.6%	0.0%	1111.5%	0.0%	-1197.1%	1188.5%	-1002.9%
184.6%	50.5%	0.0%	1172.9%	0.0%	-1257.7%	1127.1%	-942.3%
193.2%	53.5%	0.0%	1234.4%	0.0%	-1318.4%	1065.6%	-881.6%
201.8%	56.5%	0.0%	1295.8%	0.0%	-1379.1%	1004.2%	-820.9%
210.4%	59.5%	0.0%	1357.3%	0.0%	-1439.7%	942.7%	-760.3%
218.9%	62.6%	0.0%	1418.7%	0.0%	-1500.4%	881.3%	-699.6%
227.5%	65.8%	0.0%	1480.2%	0.0%	-1561.1%	819.8%	-638.9%
236.1%	68.9%	0.0%	1541.6%	0.0%	-1621.7%	758.4%	-578.3%
244.7%	72.1%	0.0%	1603.1%	0.0%	-1682.4%	696.9%	-517.6%
253.2%	75.2%	0.0%	1664.5%	0.0%	-1743.1%	635.5%	-456.9%
261.8%	78.4%	0.0%	1726.0%	0.0%	-1803.7%	574.0%	-396.3%
270.4%	81.7%	0.0%	1787.4%	0.0%	-1864.4%	512.6%	-335.6%
279.0%	84.9%	0.0%	1848.9%	0.0%	-1925.1%	451.1%	-274.9%
287.5%	88.1%	0.0%	1910.3%	0.0%	-1985.7%	389.7%	-214.3%
296.1%	91.4%	0.0%	1971.8%	0.0%	-2046.4%	328.2%	-153.6%
304.7%	94.6%	0.0%	2033.2%	0.0%	-2107.1%	266.8%	-92.9%
313.3%	97.9%	0.0%	2094.6%	0.0%	-2167.7%	205.4%	-32.3%
321.8%	101.2%	0.0%	2160.1%	0.0%	-2200.0%	139.9%	0.0%
330.4%	104.4%	0.0%	2230.0%	0.0%	-2200.0%	70.0%	0.0%
339.0%	107.8%	0.0%	2300.0%	0.0%	-2200.0%	0.0%	0.0%

Fuente: Superintendencia de Banca, Seguros y AFP, Terminal de Bloomberg Elaboración: Propia

Cuadro N°9: Retorno, Riesgo y Composición de los Portfolios Eficientes con Restricción

Retorno	Riesgo	Bonos Soberanos	Creditos en MN	Certificados del BCRP	Depósitos en MN	Bonos Corporativos	Bonos Bancarios
4.6%	1.0%	85.6%	7.9%	58.5%	0.0%	33.8%	-85.8%
9.0%	1.4%	185.2%	45.1%	22.5%	0.0%	65.2%	-218.0%
13.4%	2.1%	289.3%	81.9%	0.0%	-7.3%	99.0%	-362.9%
17.9%	3.0%	405.8%	115.9%	0.0%	-43.4%	139.4%	-517.7%
22.3%	3.9%	522.3%	150.0%	0.0%	-79.6%	179.8%	-672.4%
26.8%	4.7%	638.8%	184.0%	0.0%	-115.7%	220.1%	-827.2%
31.2%	5.6%	725.1%	216.6%	0.0%	-151.0%	258.3%	-949.0%
35.7%	6.6%	671.4%	242.5%	0.0%	-182.3%	286.1%	-917.7%
40.1%	7.8%	617.6%	268.4%	0.0%	-213.6%	314.0%	-886.4%
44.6%	9.1%	563.9%	294.3%	0.0%	-244.8%	341.8%	-855.2%
49.0%	10.4%	510.2%	320.2%	0.0%	-276.1%	369.6%	-823.9%
53.5%	11.8%	456.4%	346.1%	0.0%	-307.3%	397.5%	-792.7%
57.9%	13.2%	402.7%	372.0%	0.0%	-338.6%	425.3%	-761.4%
62.4%	14.7%	348.9%	397.9%	0.0%	-369.8%	453.2%	-730.2%
66.8%	16.1%	295.2%	423.8%	0.0%	-401.1%	481.0%	-698.9%
71.3%	17.6%	241.5%	449.7%	0.0%	-432.4%	508.8%	-667.6%
75.7%	19.0%	187.7%	475.6%	0.0%	-463.6%	536.7%	-636.4%
80.2%	20.5%	134.0%	501.5%	0.0%	-494.9%	564.5%	-605.1%
84.6%	22.0%	80.2%	527.4%	0.0%	-526.1%	592.4%	-573.9%
89.1%	23.5%	26.5%	553.3%	0.0%	-557.4%	620.2%	-542.6%
93.5%	25.0%	0.0%	582.2%	0.0%	-588.7%	617.8%	-511.3%
98.0%	26.5%	0.0%	614.1%	0.0%	-620.2%	585.9%	-479.8%
102.4%	28.0%	0.0%	646.0%	0.0%	-651.7%	554.0%	-448.3%
106.9%	29.6%	0.0%	677.8%	0.0%	-683.2%	522.2%	-416.8%
111.3%	31.2%	0.0%	709.7%	0.0%	-714.6%	490.3%	-385.4%
115.8%	32.8%	0.0%	741.6%	0.0%	-746.1%	458.4%	-353.9%
120.2%	34.4%	0.0%	773.5%	0.0%	-777.6%	426.5%	-322.4%
124.7%	36.0%	0.0%	805.3%	0.0%	-809.0%	394.7%	-291.0%
129.1%	37.7%	0.0%	837.2%	0.0%	-840.5%	362.8%	-259.5%
133.6%	39.3%	0.0%	869.1%	0.0%	-872.0%	330.9%	-228.0%
138.0%	41.0%	0.0%	901.0%	0.0%	-903.4%	299.0%	-196.6%
142.5%	42.7%	0.0%	932.8%	0.0%	-934.9%	267.2%	-165.1%
146.9%	44.3%	0.0%	964.7%	0.0%	-966.4%	235.3%	-133.6%
151.3%	46.0%	0.0%	996.6%	0.0%	-997.8%	203.4%	-102.2%
155.8%	47.7%	0.0%	1028.5%	0.0%	-1029.3%	171.5%	-70.7%
160.2%	49.4%	0.0%	1060.3%	0.0%	-1060.8%	139.7%	-39.2%
164.7%	51.1%	0.0%	1092.2%	0.0%	-1092.3%	107.8%	-7.7%
169.1%	52.8%	0.0%	1127.4%	0.0%	-1100.0%	72.6%	0.0%
173.6%	54.5%	0.0%	1163.7%	0.0%	-1100.0%	36.3%	0.0%
178.0%	56.2%	0.0%	1200.0%	0.0%	-1100.0%	0.0%	0.0%

Fuente: Superintendencia de Banca, Seguros y AFP, Terminal de Bloomberg Elaboración: Propia

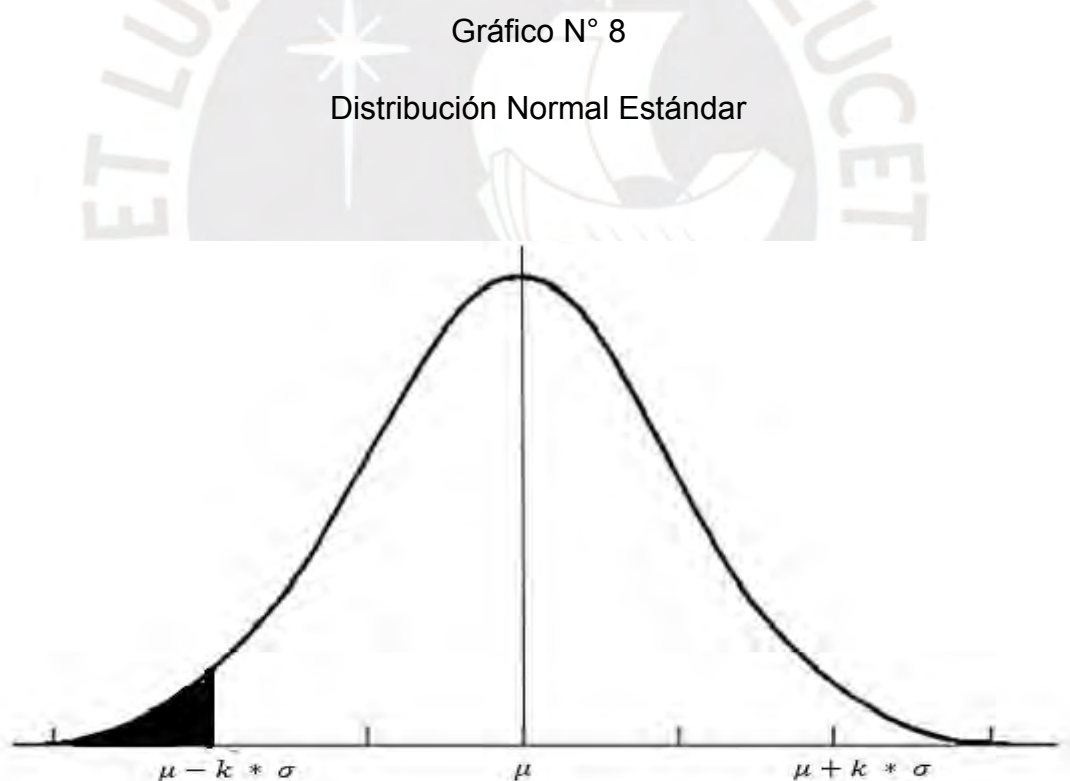
Desigualdad de Chebyshev y aplicación a la teoría del portafolio

Sea X una variable aleatoria que sigue una distribución normal estándar con $E(x) = \mu$ y $Var(x) = \sigma^2$ para $k > 0$ se cumple lo siguiente:

$$Pr(|X - \mu| > k * \sigma) \leq \frac{1}{k^2} \quad (1)$$

Esta desigualdad es conocida como la desigualdad de Chebyshev, donde un lado de dicha desigualdad se puede representar en la ecuación dos. Asimismo, como se puede observar en el gráfico N°8 el límite superior de probabilidad de insolvencia del lado inferior de la distribución es $\frac{1}{k^2}$.

$$Pr(X - \mu < -k * \sigma) \leq \frac{1}{k^2} \quad (2)$$



Entonces, para determinar el límite superior de probabilidad de insolvencia de un banco se utiliza la ecuación número dos donde la variable E es la variable aleatoria y E_p es la esperanza del capital del banco del siguiente periodo y σ_p es la desviación estándar del capital del banco del siguiente periodo; entonces reemplazando en la desigualdad 2 tenemos lo siguiente:

$$Pr(E < E_p - k * \sigma_p) \leq \frac{1}{k^2} \quad (3)$$

Dado que se quiere saber el límite superior de probabilidad de insolvencia, esto solo ocurre cuando el capital del banco es menor a -1 entonces reemplazamos el lado derecho de la desigualdad de la probabilidad por -1 se obtiene la siguiente ecuación:

$$-1 = E_p - k * \sigma_p \quad \text{o} \quad k = \frac{E_p + 1}{\sigma_p} \quad (4)$$

Esta ecuación se reemplaza en la desigualdad 3 y se obtiene que la probabilidad que el capital del banco sea inferior a -1 tiene como límite superior $\frac{1}{k^2}$ representada en la siguiente desigualdad:

$$Pr(E < -1) \leq \frac{1}{k^2} = Pr(E < -1) \leq \frac{\sigma_p^2}{E_p + 1^2} = p \quad (5)$$

Entonces:

$$E = -1 - \phi(p) * \sigma \quad (6)$$

Donde $\phi(p)$ es la inversa de la función de la distribución normal estándar acumulada. Así el valor de siempre va a ser negativo dado que la probabilidad de bancarrota considera solo la cola inferior de la distribución. Con esta última ecuación se puede graficar el límite superior de probabilidad de insolvencia en el plano de retorno y desviación estándar.