**INDICADOR AGREGADO DE CURVAS DE RENDIMIENTO**

**Miguel Coto-García1 , Natalia Díaz-Ramírez1**

1Estudiante de Maestría Profesional en Estadística, Universidad de Costa Rica, San Pedro, Costa Rica

**RESUMEN**

Se pretende crear un indicador que permita analizar la curva de rendimiento soberana doméstica de Costa Rica de forma agregada. Los datos son rendimientos netos de impuestos en colones y se utilizó la curva de rendimiento soberana doméstica construida por el BCCR. Se utilizó la técnica de componentes principales (ACP) para la reducción de la dimensionalidad. La construcción del indicador se realizó con los tres primeros componentes principales mediante una suma ponderada. Se obtuvo que el indicador captura el comportamiento de los rendimientos de forma agregada y tuvo buenos resultados en validación mediante pruebas visuales y de medidas de ajuste. Se elaboraron 2 bandas de detección a partir de la distribución teórica del indicador y contrastadas con el movimiento de las curvas en distinto momentos clave del periodo del análisis. Una de esas bandas fue la de alerta temprana que se ubica en el percentil 75 de la distribución del indicador en donde se pueden esperar hasta 50 puntos base de cambio en el caso del corto plazo, de 40 en el mediano plazo y de 35 en el largo plazo.

Palabras Clave: indicador, curva, rendimiento, bandas

1. **INTRODUCCIÓN**

Costa Rica, al igual que otros países en el mundo, se ha visto afectada por la pandemia del covid-19, teniendo repercusiones importantes en la economía del país debido a las medidas implementadas de confinamiento, distanciamiento social y la incertidumbre que existe ante la posibilidad de un rebrote. Según el informe de política monetaria del BCCR (2020) la actividad económica tuvo una profunda contracción en el segundo trimestre, con una caída del producto interno bruto (PIB) de 8,6% y la contracción económica, además, ha afectado severamente las finanzas públicas, principalmente como resultado de una menor recaudación tributaria. Frente a ese contexto de contracción económica y de baja inflación proyectada, el Banco Central ha mantenido su postura de política monetaria expansiva y contracíclica, que se manifiesta en bajas tasas de política monetaria y programas de inyección de liquidez de gran magnitud, con el objetivo de contribuir a la estabilidad del sistema financiero y apoyar la recuperación económica.

La pandemia ha provocado un deterioro considerable en las finanzas del Gobierno. Las cifras acumuladas a setiembre muestran una reducción en los ingresos tributarios de 11,5%. En conjunto, el déficit financiero alcanzó un 6,7% del PIB y el déficit primario fue de 2,7% en los primeros nueve meses del año (4,7% y 1,4%, respectivamente, en igual lapso del 2019). A su vez, el saldo de la deuda del Gobierno Central alcanzó en setiembre un 67,3% del PIB (56,3% en igual mes del 2019). (BCCR, 2020)

Por lo que existe cierta incertidumbre asociada a la forma de resolver el déficit fiscal y el crecimiento de la deuda por parte del Gobierno, lo cual podría desencadenar en una crisis de confianza que podría llegar a impactar la estabilidad financiera del país. Relacionado a esto el BCCR menciona que esto se vio reflejado en un aumento en los rendimientos de los bonos de Costa Rica (entre el 21 de setiembre y el 20 de octubre del 2020, ese aumento estuvo entre 152 y 284 puntos base (p.b.), dependiendo del bono).

En este contexto las curvas de rendimiento tienen un impacto en variables económicas que inciden en las decisiones de consumo e inversión, ya que por medio de la curva se puede visualizar las expectativas en la actividad económica, inflación y la política monetaria. Según Perada (2009) desde el punto de vista financiero, la existencia de una curva de rendimiento favorece el desarrollo del mercado de capitales doméstico, primario y secundario, pues favorece la valorización de los instrumentos financieros (de deuda y derivados).

Es por esto que conocer el comportamiento de los rendimientos es de gran importancia para anticipar posibles recesiones en la economía del país.

1. **MATERIALES Y MÉTODOS**

El objetivo consiste en crear un indicador que permita analizar la curva de rendimiento soberana doméstica de Costa Rica de forma agregada para conocer la evolución y el comportamiento de los rendimientos.

Los datos son rendimientos netos de impuestos en colones y se utilizó la curva de rendimiento soberana doméstica construida por el BCCR. La curva se construye con observaciones semanales de miércoles a martes. Se obtuvo la información de 257 semanas, del 07/10/2015 al 03/11/2020, para cada semana se tomaron 3600 rendimientos, que en este caso van a considerarse como las variables utilizadas en el análisis.

Se utilizó la técnica de componentes principales (ACP) para la reducción de la dimensionalidad. El propósito del análisis de componentes principales es reemplazar p variables, generalmente correlacionadas, por un número menor de variables no correlacionadas llamadas componentes principales que explican una gran porción de la variabilidad total de las p variables. Los componentes principales se construyen como combinaciones lineales particulares de las p variables de tal manera que además de no estar correlacionados, tengan también variancia máxima. Esta técnica aplicada a la curva de rendimientos provee información importante respecto a la dinámica de las tasas de interés.

La construcción del indicador se realizó con los tres primeros componentes principales. El primer componente representa el nivel o desplazamiento paralelo de la curva de rendimiento, el segundo componente hace referencia a la pendiente y el tercer componente representa la curvatura. El indicador se calcula con la suma ponderada de los tres primeros componentes, tomando como ponderadores la proporción de variancia explicada en cada componente. La fórmula del indicador es la siguiente:

El indicador se estandarizó para una mejor interpretación.

La validación del indicador se realizó tomando medidas de ajuste con la curva de la mediana de los rendimientos. Además, se valoraron escenarios donde el indicador presentó movimientos y se observó el comportamiento de las curvas comparándolo con el comportamiento del indicador y de los factores no observables.

En la calibración se ajustó la distribución teórica del indicador usando como proxy la mediana de los rendimientos con el fin de establecer 2 bandas de detección de anomalías en el comportamiento del indicador.

Finalmente, para la interpretación se tomaron 3 puntos de referencia en el corto, mediano y largo plazo a partir de las correlaciones del primer componente del indicador con las 3600 curvas de rendimiento con el fin de trasladar las variaciones del indicador estandarizado a puntos base que es la medida de referencia en el cambio de las curvas de rendimiento. Esto para poder hacer interpretaciones del indicador de forma mas sencilla.

1. **RESULTADOS**
   1. **Análisis descriptivo de la curva de rendimiento**

En el gráfico 1 se observa que a mayor tipo de plazo mayor es el promedio y mediana de los rendimientos. Al observar las tasas por tipo de plazo y año, en los años 2018 y 2019 se dan las mayores tasas y en el largo plazo para el año 2019 es donde se registran las tasas más altas en comparación con el corto y mediano plazo. Mientras que, en el año 2020 se tienen las tasas más bajas y a corto plazo es donde se registran las tasas más bajas de todo el periodo analizado.

|  |
| --- |
| **Gráfico 1. Rendimientos por tipos de plazo y año** |
|  |
| Fuente: BCCR |

En el gráfico 2, al analizar las tasas por trimestre y año, para el corto, mediano y largo plazo se observa que en el año 2017 a partir del segundo trimestre se da un aumento en la tasa promedio y mediana. Para el año 2019 se da un ligero aumento en el primer trimestre y a partir del segundo trimestre se da una disminución hasta el primer trimestre del año 2020. En los últimos tres trimestres del año 2020, en el corto y mediano plazo se observan disminuciones.

|  |
| --- |
| **Gráfico 2. Rendimientos por tipo de plazo, trimestre y año** |
|  |
| Fuente: BCCR |

Al graficar todas las curvas de rendimiento en el periodo analizado, se observa que al corto plazo hay una mayor variabilidad en las tasas, mientras que en el largo plazo hay una mayor estabilidad. También se observa que hay curvas con pendientes más pronunciadas que otras.

|  |
| --- |
| **Gráfico 3. Curvas de rendimiento por plazos de vencimiento** |
|  |
| Fuente: BCCR |

Al graficar las curvas por trimestre y año en el corto plazo, se observa que para el primer trimestre en los años 2018 y 2019 hay curvas con pendientes más pronunciadas. En el segundo y tercer trimestre las curvas con pendiente pronunciada se observan en los años 2018, 2019 y 2020, mientras que para el cuarto trimestre se observa el mismo comportamiento en el año 2018.

|  |
| --- |
| **Gráfico 4. Curvas de rendimiento por año y trimestre del corto plazo** |
|  |
| Fuente: BCCR |

En el mediano plazo hay una mayor estabilidad en las curvas, sin embargo, en el año 2020 para todos los trimestres las curvas corresponden a tasas menores que en las de los otros años.

|  |
| --- |
| **Gráfico 5. Curvas de rendimiento por año y trimestre del mediano plazo** |
|  |
| Fuente: BCCR |

En el largo plazo, para el primer y segundo trimestre en el año 2019 es donde se producen las curvas con mayores tasas. En el tercer trimestre hay una mayor variabilidad en el rango de las tasas en el año 2017, mientras que en el cuarto trimestre se observa una mayor variabilidad en el 2015, 2018 y 2019.

|  |
| --- |
| **Gráfico 6. Curvas de rendimiento por año y trimestre del largo plazo** |
|  |
| Fuente: BCCR |

La variabilidad se obtuvo para cada semana calculando el logaritmo de la división de la tasa en el plazo actual entre la tasa en el plazo anterior. En el gráfico 7, se puede observar que en el corto plazo es donde se muestra la mayor variabilidad. El año donde se muestra una mayor variabilidad es en el 2020, en el corto y mediano plazo.

|  |
| --- |
| **Gráfico 7. Variabilidad de las tasas por semana** |
|  |
| Fuente: BCCR |

La volatilidad histórica se obtuvo calculando la desviación estándar de cada 10 datos de la variabilidad en cada semana. En el gráfico 8 se observa una mayor volatilidad en el corto y mediano plazo.

|  |
| --- |
| **Gráfico 8. Volatilidad** |
|  |
| Fuente: BCCR |

* 1. **Análisis de componentes principales**

A partir del gráfico de sedimentación se sugiere trabajar con 2 componentes, ya que el codo se produce claramente en el segundo componente. Sin embargo, a partir de la bibliografía consultada en estos casos es común trabajar con los primeros tres componentes.

|  |
| --- |
| **Gráfico 9. Gráfico de sedimentación** |
|  |
| Fuente: BCCR |

Se obtuvo que el primer componente explica el 92.7%, el segundo el 5.6% y el tercero el 1.1%, en conjunto los primeros tres componentes principales explican el 99.4% de la variancia total, donde el nivel o desplazamiento paralelo y la pendiente de la curva tienen la mayor participación en la explicación de la variabilidad, el 98.3%.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Cuadro 1. Medidas de los primeros tres componentes** | | | |
| **Componente** | **Valores Propios** | **% variación explicada** | **% variación acumulado** |
| PC1 (Nivel) | 3337.8 | 92.7 | 92.7 |
| PC2 (Pendiente) | 202.2 | 5.6 | 98.3 |
| PC3 (Curvatura) | 38.9 | 1.1 | 99.4 |
| Fuente: BCCR | | | |

La correlación entre el primer componente y las variables, varía entre 0.88 y 0.99, las correlaciones más altas se ubican a inicios del largo plazo. Para el segundo y tercer componente las correlaciones son bajas.

|  |
| --- |
| **Gráfico 10. Correlación entre el primer componente y las variables** |
|  |
| Fuente: BCCR |

En el gráfico 11 se muestran los vectores propios de cada componente y se obtienen las siguientes interpretaciones:

**Primer Componente (nivel):** los vectores propios del primer componente principal son positivos y similares entre sí, gráficamente este componente es casi plano. Por lo que un incremento en el primer componente resulta en un incremento en todos los rendimientos.

**Segundo Componente (pendiente):** en cuanto al signo de las cargas se observan signos opuestos en ambos extremos, para los vencimientos a corto plazo predominan los valores negativos y para los vencimientos a más largo plazo las cargas son positivas. Por lo que un cambio en el segundo componente tiene efectos opuestos en la estructura de los plazos.

**Tercer Componente (curvatura):** se observan cargas positivas en el centro y cargas negativas en los extremos.

|  |
| --- |
| **Gráfico 11. Vectores propios de los primeros tres componentes** |
|  |
| Fuente: BCCR |

* 1. **Indicador**
     1. **Análisis descriptivo del indicador**

El indicador estandarizado (ICR) comenzó a mostrar un nivel mayor al promedio histórico a mediados de 2017 en la semana del 19-07-2017 al 25-07-2017, el indicador alcanzó su máximo absoluto en la semana del 13-03-2019 al 19-03-2019, alrededor de 2.3 desviaciones sobre la media y mostró niveles superiores a la media hasta la semana del 23-10-2019 al 29-10-2019. A inicios del 2020 a partir de la semana del 18-03-2020 al 24-03-2020 se observa una marcada tendencia positiva a pesar de presentar niveles por debajo de la media.

|  |
| --- |
| **Gráfico 12. Indicador estandarizado (ICR)** |
|  |
| Fuente: BCCR |

En el cuadro 2 se muestran las medidas resumen del indicador estandarizado, el cual varía entre -1.27 desviaciones estándar a 2.34 desviaciones estándar y tiene una mediana de -0.32 desviaciones estándar.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Cuadro 2. Medidas resumen del indicador y el indicador estandarizado** | | |
| **Medida** | **Indicador** | **Indicador estandarizado** |
| Mínimo | -68.02 | -1.27 |
| Primer cuartil | -50.82 | -0.95 |
| Mediana | -17.23 | -0.32 |
| Media | 0.00 | 0.00 |
| Tercer cuartil | 44.65 | 0.83 |
| Máximo | 125.94 | 2.34 |
| Fuente: BCCR | | |

Se detecta un posible valor extremo obtenido en la semana del 13-03-2019 al 19-03-2019. Según la prueba de Grubbs se rechaza la hipótesis nula de que 2.34 no es un valor extremo, mientras que en la prueba de Ji-cuadrado también se rechaza la hipótesis nula.

En cuanto a la variabilidad se observan tres periodos con variaciones importantes en 2017 a medio año, a finales e inicios de 2018 y en el segundo trimestre del 2020.

|  |
| --- |
| **Gráfico 13. Indicador estandarizado (ICR) y variabilidad del indicador** |
|  |
| Fuente: BCCR |

En el gráfico 14 se muestra la descomposición del indicador estandarizado al considerarlo como una serie y se observa que la tendencia no es lineal, estacionalidad se observan patrones estacionales a mediados y finales de año. En el componente irregular se observa un pico pronunciado a mediados del 2017.

|  |
| --- |
| **Gráfico 14. Descomposición del indicador estandarizado** |
|  |
| Fuente: BCCR |

* + 1. **Validación**

**Validación con la mediana de los rendimientos**

Como método de validación se tomó el indicador estandarizado y se comparó con la mediana de las 3600 curvas del análisis en cada semana, esto porque debido a la distribución de esas curvas y los valores extremos utilizar la media no era la opción más recomendable. Se compararon ambas series para determinar la validez del indicador con respecto a la agregación de las curvas.

|  |
| --- |
| **Gráfico 15. Indicador y mediana estandarizada por semana** |
|  |
| Fuente: BCCR |

En términos generales, se aprecia que el indicador captura muy bien los movimientos de la agregación de la mediana estandarizada y que logra modelar de forma muy apropiada las alzas y las caídas a lo largo del tiempo. Cabe resaltar que el indicador resume muy bien el comportamiento de las curvas en el periodo del 2018 y 2019 aunque en 2020 se aprecia cierta separación entre ambos ya que el indicador presenta valores un poco más bajos que la mediana estandarizada.

|  |  |
| --- | --- |
| **Cuadro 3. Medidas de ajuste del indicador estandarizado y la mediana estandarizada** | |
| **Medida** | **Valor (%)** | |
| MAPE | 53.2 | |
| Primer cuartil | 6.5 | |
| Mediana | -4.2 | |
| Fuente: BCCR | |

En adición, se tomaron ambas series y se calcularon algunas medidas de ajuste como el error porcentual absoluto medio, la mediana del error porcentual absoluto y el sesgo absoluto. Se tomaron en cuenta estas medidas debido a que permite establecer el grado de similitud entre las 2 series usando errores porcentuales. Debido a los valores extremos que presentan las series se optó por, además de incluir el MAPE, calcular la mediana de los errores porcentuales absolutos. Se observa que, por eso mismo, el MAPE tiene un valor de 53% pero el MedAPE presenta un error de solo un 6% del indicador con respecto a la mediana estandarizada lo cual es consistente con el sesgo porcentual que fue de -4.2%. Con esto, se puede concluir que el indicador es una buena estimación del comportamiento general de las curvas en los periodos analizados pues captura muy bien los movimientos y tiene errores menores a un 10% con respecto a las medianas.

**Validación con curvas de rendimiento**

Se revisaron tres escenarios donde el indicador presenta movimientos hacia arriba o hacia abajo para compararlo con el comportamiento de las curvas y los factores no observables. Cuando el indicador presenta un aumento pronunciados se consideraron las semanas del 18 al 25 de julio de 2017 y las semanas del 24 de marzo al 21 de abril de 2020.

En el gráfico 15, para el escenario correspondiente al año 2017 en cuanto al nivel se observa un desplazamiento hacia arriba de las curvas de la semana del 18 al 25 de julio 2017. En la tendencia se observan curvas ascendentes, las curvas a corto plazo tienen menores rendimientos que los de las curvas a largo plazo que son mayores. Para la curvatura se observa un desplazamiento en la segunda semana al mediano plazo. El segundo escenario se consideró a inicios del 2020 a finales de marzo y en abril es donde se muestra un aumento pronunciado en el indicador. En el nivel se observa un desplazamiento hacia arriba de las curvas a mayor fecha, sin embargo, en el largo plazo a partir de 9 años de vencimiento aproximadamente se invierte. Las curvas son ascendentes. En cuanto a la curvatura vemos que a niveles altos del indicador se produce una curvatura en el corto placo.

|  |  |
| --- | --- |
| **Gráfico 16. Escenarios donde el indicador presenta aumentos** | |
|  |  |
| Fuente: BCCR | |

En el año 2019 se observan disminuciones en el indicador. En el gráfico 16 se observan las curvas a partir del mes de abril, donde se observa un desplazamiento de la curva hacia abajo en el corto, mediano y largo plazo. La curvatura se observa principalmente en el mediano plazo y conforme el indicador es mayor, como a inicios del periodo, la pendiente de la curva se vuelve más pronunciada en el corto plazo. En la tendencia se observan curvas ascendentes.

|  |
| --- |
| **Gráfico 17. Escenarios donde el indicador presenta disminuciones** |
|  |
| Fuente: BCCR |

* + 1. **Calibración**

Para realizar la calibración se buscó modelar la distribución del indicador construido para obtener los parámetros que describen el comportamiento de esa serie de tiempo. Se tomó la mediana de las curvas como proxy, ya que como se vio el comportamiento de ambos es muy similar y utilizar valores en le rango en que está la serie de las medianas permitió un rango más amplio de distribuciones teóricas que probar.

|  |  |
| --- | --- |
| **Gráfico 18. Distribución de las medianas de las curvas** | |
|  |  |
| Fuente: BCCR | |

Se aprecia una distribución un poco irregular en donde a partir del grafico de Cullen y Frey que esta cercano a una beta, gamma o lognormal.

|  |
| --- |
| **Gráfico 19. Ajuste de distribuciones teóricas** |
|  |
| Fuente: BCCR |

Se observa que al hacer el ajuste de las 3 distribuciones la lognormal y la gamma son las que se acercan más a la distribución empírica de las medianas de las curvas. En este se caso se toma la lognormal como la distribución elegida pues es más fácil de manejar los parámetros y llevarlos a los valores del indicador. Es así que se toma la media de esa distribución teórica y su desviación como puntos de referencia a la hora de hacer la calibración y establecer 2 puntos de corte.

Como otro punto de referencia se tomaron los comportamientos de las curvas en momentos claves del análisis como lo fueron a finales del 2018 y comienzos del 2019 e inicios del 2020 por el tema de la pandemia causada por el COVID-19. Así, sabiendo empíricamente que esos casos fueron valores extremos debido a condiciones de mercado se ajustaron las bandas en concordancia.

|  |
| --- |
| **Gráfico 20. Calibración del indicador estandarizado** |
|  |
| Fuente: BCCR |

En el gráfico 19 se observa que la línea central corresponde la media teórica de la distribución estimada anteriormente, las bandas naranjas corresponden al percentil 75 las cuales podemos llamar alertas tempranas y por ultimo las bandas rojas corresponden a una desviación de la distribución teórica la cuales podemos llamar alertas máximas pues es donde las curvas presentan el comportamiento más irregular.

Por otro lado, se aprecia que los periodos a mediados de 2018 estuvieron en alertas tempranas y luego resultaron en valores fuera de la banda de alerta máxima sustentado o explicado por los cambios en las políticas monetarias del banco central y a inicios del 2020 se observa como los valores del indicador entraron en la zona de alerta temprana explicado por el inicio de la pandemia y toda la incertidumbre que eso conllevó. Cabe aclarar que si bien después de los primeros meses del presente año el indicador de estabilizó no implica que vaya a tener ese comportamiento en el futuro.

* + 1. **Interpretación**

Por ultimo, una vez construido el indicador, realizada la validación y la calibración para determinar que el indicador aproxima bien el comportamiento de las curvas y poder determinar cortes para detección temprana de anormalidades se procede a interpretar en términos de mercado las implicaciones de los movimientos percibidos a través del indicador.

Para una interpretación más sencilla, se tomaron 3 plazos: corto (1 año o menos), mediano (1 a 3 años) y largo (mayor a 3 años). Con estos se pretende establecer 3 escenarios en el comportamiento histórico del indicador y trasladar los cambios en el tiempo a puntos base de cambio en las tasas. Se tomaron entonces las correlaciones entre los componentes que formaron el indicador y las 3600 curvas segmentadas en los 3 plazos ya mencionados para encontrar 3 puntos de referencia a partir de con que curva se obtuvieron las mayores correlaciones. Es así que los periodos de referencia fueron: aproximadamente 6 meses (169 días), 3 años (1080 días) y 5 años (1784 días) para el corto, mediano y largo plazo respectivamente.

Al trasladar los cambios en el indicador a puntos base se obtuvieron los siguientes resultados:

|  |
| --- |
| **Gráfico 21. Ajuste de distribuciones teóricas** |
|  |
| Fuente: BCCR |

Para el corto plazo, se observa que sobrepasando el corte de alertas tempranas se llegan a tener cambios de más de 50 puntos base lo cual es una clara alarma en términos de mercado y por encima de la alerta máxima se tiene cambios de más de 80 puntos base como pasó en 2019 y cerca del primer trimestre del 2020.

|  |
| --- |
| **Gráfico 22. Ajuste de distribuciones teóricas** |
|  |
| Fuente: BCCR |

Para el mediano plazo, se observa que los cambios en puntos base son menores que en el caso del corto plazo ya que sobrepasando el corte de alertas tempranas se llegan a tener cambios de más de 40 puntos base lo cual es una clara alarma en términos de mercado y por encima de la alerta máxima se tiene cambios de más de 50 puntos base como pasó en 2019 y cerca del primer trimestre del 2020.

|  |
| --- |
| **Gráfico 23. Ajuste de distribuciones teóricas** |
|  |
| Fuente: BCCR |

Por último, para el largo plazo, se observa que los cambios en puntos base son menores que en el caso del corto plazo y muy similares al mediano plazo, aunque con menor impacto ya que sobrepasando el corte de alertas tempranas se llegan a tener cambios de más de 30 puntos base lo cual es una clara alarma en términos de mercado y por encima de la alerta máxima se tiene cambios de más de 40 puntos base como pasó en 2019 y cerca del primer trimestre del 2020.

Es decir, el indicador refleja un efecto diferenciado en el corto, mediano y largo plazo. Si bien los cambios son similares en forma, el efecto que se tiene en ellos es diferente pues a corto plazo es en donde se pueden percibir mayores cambios en puntos base en las tasas de rendimiento, mientas que a mediano plazo es menor y el largo es donde el impacto es menos pronunciado.

1. **CONCLUSIONES**

Se observó que a mayor plazo mayor es el promedio y mediana de los rendimientos. Además, en el corto plazo hay una mayor variabilidad y volatilidad en las tasas. Dicho comportamiento va de la mano con la teoría de la preferencia de liquidez, desarrollada por Hicks, que considera una preferencia por la inversión en los vencimientos de corto plazo posibilitando que la curva de rendimientos presente una forma cóncava, es decir que las tasas de largo plazo sean mayores que las de corto plazo lo que implica que la gráfica de la curva tenga una pendiente positiva. (Cháverri, F., Neciosup, E., 2017)

En los años 2018 y 2019 se dan las mayores tasas en el corto, mediano y largo plazo. Mientras que en el 2020 se tienen las tasas más bajas. A lo largo del año 2018, la situación fiscal se caracterizó por el aumento de la brecha entre ingresos y gastos, lo que se agravó por un ambiente de incertidumbre debido a la discusión en la Asamblea Legislativa del proyecto Ley de Fortalecimiento de las Finanzas Públicas. Esto provocó una devaluación del tipo de cambio y un incremento en el costo de endeudamiento del Gobierno Central. (Informe Estado de la Nación, 2019). Por su parte en el año 2020, ante el acontecimiento de la crisis sanitaria los países han aplicado medidas fiscales y monetarias expansivas. En particular, los bancos centrales han intensificado el impulso monetario en procura de mitigar el impacto económico y financiero de esta crisis. Entre las medidas tomadas destacan la reducción en las tasas de política monetaria, la reducción de encajes mínimos legales y también medidas no convencionales, como programas de compra de activos (o ampliación de los existentes) y créditos para el sistema financiero. (BCCR, 2020).

Los primeros tres componentes principales explican el 99.4% de la variancia total, donde el desplazamiento paralelo y la pendiente de la curva tienen la mayor participación en la explicación de la variabilidad (98.3%), 92.7% y 5.6% respectivamente. Dichos resultados fueron similares en otros artículos consultados donde se puede mencionar el obtenido por Cháverri et al (2017) para la curva cupón cero de los bonos del gobierno peruano, en el ACP obtuvieron que los tres primeros componentes explican el 97% de la variación en los rendimientos, del cual el primer componente explica el 86.5%. Además, Benítez (2008) obtuvo para la curva de rendimiento para los bonos cupón cero de México que los primeros tres componentes explican el 99.9% de la variabilidad, 97.9% para el primer factor, 1.9% para el segundo y 0.1% para el tercer factor y se menciona que cambios en el tercer componente se asocian a cambios en la volatilidad. Núñez et al (2011) analiza las tasas de interés en México para los cambios diarios en el periodo 2002 al 2009 obtuvieron que el primer componente explica el 68.2%, el segundo el 27.6% y el tercero el 2.3%, en conjunto explican el 98.1% de la varianza total.

El indicador se construyó a partir de los tres primeros componentes usando la suma ponderada, donde se utilizó como ponderadores la proporción de variancia explicada de cada componente, según Domínguez et al (2011) esta es una de los métodos que se pueden utilizar al construir indicadores con componentes principales.

Se logró validar que el indicador captura el comportamiento de las curvas de rendimiento y se obtuvo que no solo captura muy bien el movimiento de las curvas comparándolo con las medianas de los rendimientos sino que los valores de las medidas de ajuste arrojaron errores menores al 10% en términos absolutos y relativos.

En términos de calibración, se logró aproximar una distribución teórica para el indicador con el cual se establecieron 2 bandas de corte: alerta temprana y aleta máxima , que se contrastaron con el comportamiento histórico de la curva y el cual evidencia que el indicador está bien calibrado.

Por ultimo, al trasladar los hallazgos a un lenguaje sencillo y de pleno uso en el ámbito de las curvas de rendimiento se aprecia un efecto diferencia según el plazo: corto, mediano y largo. Así, pasado el umbral de alerta temprana se pueden esperar variaciones de más de 50 puntos base en el corto plazo, de más de 40 en el mediano y de 35 en el largo.

1. **BIBLIOGRAFÍA**

BCCR. (2020). Informe de Política Monetaria.

BCCR. (2020). revisión del programa macroeconómico 2020 / 2021.

Benítez, J. (2008). *Estimación de la curva de rendimiento mexicana utilizando el modelo de componentes principales y el modelo de Diebold-Li* [Tesis para optar por el grado de Doctorado en Administración]. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

Cháverri, F., Neciosup, E. (2017). *Desarrollo de la curva de rendimientos para los bonos soberanos en soles: evidencia de cambios en la forma y los factores que afectan la estructura de plazos* [Tesis para optar el grado de Magíster en Economía]*.* Pontificia Universidad Católica del Perú.

Delfiner, M. (2004). *Patrones de fluctuación de la curva de rendimientos en Argentina*. Serie Documentos de Trabajo: (259).

Domínguez, M., Blancas, F., Guerrero, F.; González, M. (2011). *Una revisión crítica para la construcción de indicadores sintéticos.* Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa: 11, pp. 41-70.

Hernández, O. (2013). *Temas de análisis estadístico multivariante*. Editorial UCR.

Informe Estado de la Nación. (2019). *Seguimiento de las finanzas públicas y gestión de la deuda.*

Núñez, J., Martínez, C. (2011). *Análisis de componentes principales de la estructura a plazos de las tasas de interés en México*. Revista de estudios económicos: 7 (33).

Perada, J. (2009). *Estimación de la curva de rendimiento para el Perú y su uso para el análisis monetario*. Notas de estudios del BCRP: (26)