




DOCUMENTO DE TRABAJO  
N.º 008 | 2013

## Costos y beneficios de reducir la inflación en Costa Rica

Jose Pablo Barquero Romero

Fotografía de portada: “Presentes”, conjunto escultórico en bronce, año 1983, del artista costarricense Fernando Calvo Sánchez. Colección del Banco Central de Costa Rica.



# Costos y beneficios de reducir la inflación en Costa Rica

Jose Pablo Barquero Romero\*

Las ideas expresadas en este documento son del autor y no necesariamente representan las del Banco Central de Costa Rica.

## Resumen

Costa Rica se ha caracterizado en los últimos 40 años por ser una economía con alta inflación. Sin embargo, con el fin de cambiar esta situación a partir del año 2006 las autoridades monetarias deciden iniciar un cambio de régimen monetario. Este proceso permite que en el año 2009 se empiecen a observar por primera vez desde 1977 inflaciones menores al 5%. La reducción en el nivel de inflación implicó costos y ganancias para la economía costarricense.

Este estudio identifica el costo en términos de bienestar asociado a reducir la tasa de inflación en Costa Rica y lo compara con las ganancias esperadas. Los costos son medidos siguiendo el enfoque de excedente del consumidor para lo cual se estima una función de demanda de dinero para el caso de Costa Rica. Las ganancias son cuantificadas descontando la mejora esperada en el producto de la economía por la reducción de la inflación. Ambos resultados se comparan y se obtiene el resultado neto para el período desinflacionario 2008-2010. Finalmente, se simulan alternativas de políticas futuras orientadas a continuar con el proceso de reducción de la inflación y se evalúan sus resultados.

**Palabras clave:** costo de la inflación, bienestar.

**Clasificación JEL:** E31, E64, I31.

---

\* Departamento de Investigación Económica. [barquerorj@bccr.fi.cr](mailto:barquerorj@bccr.fi.cr)

# Costs and Benefits of an Inflation Reduction in Costa Rica

Jose Pablo Barquero Romero<sup>†</sup>

The ideas expressed in this paper are these of the author and not necessarily represent the view of the Central Bank of Costa Rica.

## Abstract

Costa Rica has been characterized for the last 40 years as an economy with high inflation rates. However, with the objective of changing this situation during the year 2006 the monetary authorities decided to start a change in the country's monetary regime. This process allows that in the year 2009 for the first time since 1977 the economy shows inflation levels below 5%. The reduction in the inflation level implied costs and benefits for the Costa Rican economy.

This paper identifies the cost in welfare terms of reducing the inflation level and compares it with the expected benefits. The costs are measured following the consumer surplus approach for which a money demand function for Costa Rica is estimated. The benefits are estimated discounting the expected improvement in the level of production due to the lower inflation. Both estimations are compared and the net result for the 2008-2010 disinflationary process is obtained. Finally, alternative future policies oriented to continue with the disinflationary process are simulated and their results are evaluated.

**Key words:** cost of inflation, welfare.

**JEL codes:** E31, E64, I31.

---

<sup>†</sup> Department of Economic Research. Email address. [barquerorj@bccr.fi.cr](mailto:barquerorj@bccr.fi.cr)

# Contenido

1.	Introducción.....	1
2.	Antecedentes en la Literatura.....	3
3.	Efectos de la Inflación sobre las Decisiones: Simulación .....	7
4.	Estimaciones de Costos y Beneficios .....	9
4.1	Estimación de Costos Siguiendo Enfoque de Demanda de Dinero.....	12
4.2	Estimación de Beneficios Siguiendo Enfoque de Flujos Descontados .....	21
4.3	Simulaciones de Reducción de Inflación.....	28
5.	Consideraciones Finales.....	30
6.	Referencias bibliográficas .....	32
7.	Anexos.....	36
7.1	Anexo 1: Metodología de Solución del Modelo de Efectos de la Inflación .....	36
7.2	Anexo 2: Resultados Simulaciones Modelo Inflación .....	39
7.3	Anexo 3: Derivación Funciones de Bienestar.....	41
7.4	Anexo 4: Sensibilización Ganancias .....	44

## 1. Introducción

Costa Rica se ha caracterizado en los últimos 40 años por ser una economía con alta inflación, por ejemplo entre 1974 y 2008 la inflación anual promedio fue de 12,4% acompañada de una volatilidad (medida por la desviación estándar) igualmente alta de 11,6 puntos porcentuales (p.p.). Sin embargo, a partir del año 2009 se observa una reducción en la tasa de inflación a niveles interanuales alrededor del 5%, algo que no se observaba desde 1977. En el período 2009 - 2013, la cifra promedio de inflación disminuyó significativamente a un 5,5%, acompañada de una volatilidad (desviación estándar) de 2,1 puntos porcentuales. Este cambio motiva la pregunta: ¿cuál fue el costo y el beneficio de este proceso desinflacionario? Responder esta pregunta será el principal objetivo de esta investigación.

La reducción observada en la inflación se da luego de que en el año 2005 las autoridades monetarias deciden iniciar el proceso de cambio de régimen monetario con el fin de obtener una inflación baja y estable, ya que consideran que es una de las mayores contribuciones que la Entidad puede dar a la sociedad costarricense. Todo esto siguiendo la Ley Orgánica del Banco Central de Costa Rica (BCCR) que en el Artículo 2 menciona entre otros que: “El Banco Central de Costa Rica tendrá como principales objetivos, mantener la estabilidad interna (...) de la moneda nacional...” e interpretando este mandato como un objetivo de inflación baja y estable.

Cuando se trata el tema de reducir el nivel de inflación en una economía, en general, se espera que menores inflaciones se traduzcan en reducción de ineficiencias en la economía, disminución en el costo para los tenedores de liquidez y mejoras en la toma de decisiones futuras al reducir la incertidumbre respecto al nivel de precios. Sin embargo, al considerar los costos asociados a la reducción de la inflación, la literatura económica señala principalmente el costo derivado por incrementos en la tasa de interés como resultado de utilizar instrumentos de política monetaria para mantener una inflación baja. El argumento radica en que el uso de instrumentos, tales como operaciones de mercado abierto, aumento en encajes mínimos legales o aumentos en la tasa de política monetaria, para

reducir la tasa de inflación conllevan aumentos en las tasas de interés que podrían reducir el nivel de actividad económica y el empleo, además de aumentar para el consumidor el costo de mantener saldos de dinero, ya que su costo de oportunidad es precisamente la tasa de interés. En este marco cobra mayor relevancia conocer los costos y beneficios para la sociedad costarricense asociados a una política desinflacionaria.

El objetivo principal del presente estudio es estimar el costo asociado a reducir la tasa de inflación en Costa Rica cuando el instrumento de política monetaria utilizado provoca un aumento en la tasa de interés. También se procura proveer a las autoridades monetarias de una metodología de medición de costos y beneficios para evaluar episodios desinflacionarios.

Adicionalmente, para el caso de Costa Rica no existe suficiente literatura que evalúe los costos y beneficios específicos a un proceso desinflacionario y por tanto se espera además contribuir al área de conocimiento con un grupo de mediciones y herramientas adicionales para evaluar las decisiones de política monetaria.

Una parte importante de este ejercicio consiste en responder a la pregunta de: ¿cómo medir el efecto de una política dada sobre el bienestar? Existen varias respuestas en el pensamiento económico clásico a esta pregunta. La primera sería utilizar el enfoque de función de bienestar, siguiendo los postulados de Arrow y Pareto para formular un modelo de pagos hipotéticos de compensación. Adicionalmente, se podría seguir el enfoque de Bergson-Samuelson para definir una función de bienestar para la sociedad basada en el supuesto de funciones de utilidad aditivas. Finalmente, se puede seguir el enfoque del excedente del consumidor que nace del proceso de optimización individual que definen las curvas de demanda marshallianas. Donde se define como excedente o ganancia de los consumidores la distancia entre el precio de mercado y la curva de demanda de mercado).

La metodología propuesta estará basada en Lucas (2000) y su estudio titulado: “Inflación y Bienestar”. La fortaleza de esta metodología radica en que combina ambos enfoques mencionados anteriormente (Arrow, Pareto y Bergson-Samuelson) al utilizar las mediciones de excedentes del consumidor para calcular la compensación hipotética necesaria para mantener indiferentes a los tenedores de saldos de dinero por el costo adicional generado por una tasa de interés más alta.

Previo a esto, se presentará un modelo teórico de los efectos de la inflación sobre las decisiones de los consumidores, luego se determinará el costo en términos de bienestar de cambios en el nivel de inflación, utilizando el enfoque de cambios en el excedente del consumidor medido por medio de la estimación de una demanda de dinero propuesta por Lucas (2000) e Ireland (2009). Seguidamente se aplica para calcular las ganancias la metodología propuesta por Thornton (1996), que utiliza la regla de Howitt<sup>1</sup> para desarrollar una metodología para el cálculo de las ganancias de un proceso desinflacionario. Luego de estas estimaciones se comparan las ganancias y las pérdidas de un período desinflacionario específico (2008-2010). Por último, el documento finaliza presentando los beneficios netos esperados de posibles políticas futuras orientadas a continuar con el proceso de reducción de la inflación. A continuación se presenta la revisión de la literatura relevante..

## **2. Antecedentes en la Literatura**

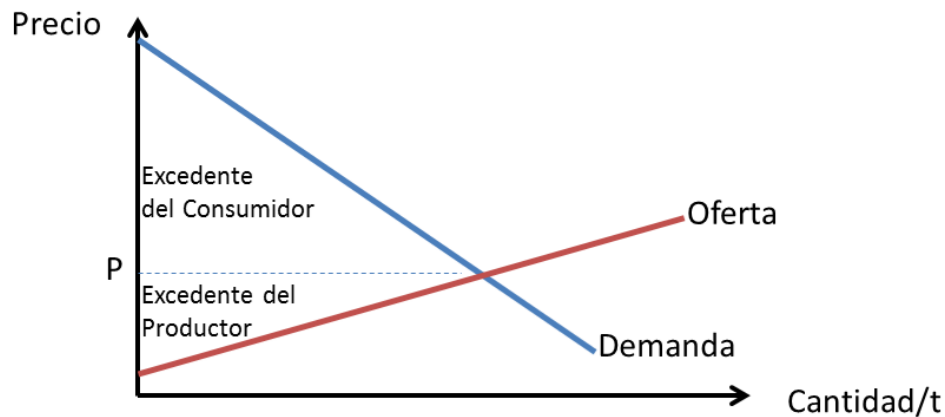
El costo de la inflación se entiende como la reducción en el nivel de bienestar causado por modificar un instrumento de política para alcanzar cierto nivel de inflación, en este caso los instrumentos que afecten la tasa de interés, entre otros, la tasa de interés de política monetaria, las operaciones de mercado abierto o los cambios en el encaje mínimo legal.

El enfoque tradicional en el tema de costos de la inflación en términos de bienestar, fue desarrollado inicialmente por Bailey (1956) y Friedman (1969), y trata los balances reales de dinero como un bien de consumo y la inflación como un impuesto a los saldos reales. Este enfoque aproxima el costo en términos de bienestar calculando el excedente del consumidor (área bajo la curva de demanda de dinero).

---

<sup>1</sup>Existencia de una tasa de inflación objetivo óptima que es aquella que iguala las ganancias y los costos de reducir la inflación.

Gráfico 1. Excedentes del consumidor y del productor  
-modelo tradicional de oferta y demanda-



Fuente: Elaboración propia.

Fischer (1981) y Lucas (2000), encontraron que el costo de reducir la inflación del 10% al 4% para países desarrollados tenía un valor entre 0,1 y 1,0 por ciento del PIB. Para el caso específico del proceso desinflacionario de la década de 1980 en los Estados Unidos de América el primero, calculó el área de pérdida generada por una inflación 10 por ciento en 0,3 por ciento del PIB, utilizando la base monetaria como la definición de dinero. Por su parte Lucas (2000) ubicó este costo en 0,45 por ciento del PIB, utilizando el M1 como la medida de dinero.

Ireland (2009) extiende esta línea de análisis al estudiar el comportamiento más reciente de la demanda de dinero en los Estados Unidos de América y confirma que los valores cambian de acuerdo con la especificación de demanda de dinero utilizada, sin embargo, sus cálculos no exceden significativamente los valores encontrados por Lucas o por Fischer.

La fortaleza y popularidad del modelo de Lucas (2000) radica en que muestra que la fórmula presentada por Bailey (1956) para estimar los costos en términos de bienestar de la inflación puede ser utilizada como una muy buena aproximación a las mediciones de equilibrio general. La intuición detrás de este enfoque es que ante la ausencia de efecto ingreso, el área bajo la curva de demanda inversa tipo marshalliana, representa una medida exacta del triángulo de pérdidas hundidas de un impuesto. Dado que el costo de oportunidad de tener balances de dinero es la tasa de interés, es de esperar que el tiempo

utilizado por los agentes en la búsqueda de los niveles óptimos de dichos balances es una función creciente de la tasa de interés (Lucas, 2000).

Lagos y Rocheteau (2009) en su estudio sobre los efectos de la inflación anticipada sobre el producto agregado, mencionan que comúnmente se piensa que la inflación induce a los agentes económicos a tomar medidas con tal de reducir su exposición al impuesto inflacionario y que estas acciones también deberían ser tomados en cuenta para medir el costo de la inflación; sin embargo, son difíciles de observar y se sugiere por tanto que se aproximen utilizando la función de demanda por dinero de los agentes.

En diversos estudios se han estimado otras variaciones a los modelos presentados por Fischer y Lucas, llegando a conclusiones similares. Por ejemplo, Cooley y Hansen (1989) calibran una versión “cash-in-advance” del modelo de ciclos económicos hallando que el costo en términos de bienestar de reducir en Estados Unidos una inflación del 10 por ciento a 4 por ciento es de 0,4 por ciento del PIB. Autores como Dotsey e Ireland (1996), Aiyagari, Braun, y Eckstein (1998), Burstein y Hellwig (2008), y Henriksen y Kydland (2010) han hallado resultados similares utilizando modelos de equilibrio general.

Cabe resaltar que los costos más altos fueron estimados por Lagos y Wright (2005) utilizando un modelo de intercambio monetario<sup>2</sup>, basados en un modelo teórico de búsqueda<sup>3</sup> para medir el costo en bienestar de la inflación. Ellos encuentran que el costo asociado a reducir una inflación del 10 por ciento al 4 por ciento se ubica entre 3 y 4 por ciento del PIB. Sin embargo, este tipo de estimaciones han sido poco replicada en la literatura actual, de hecho Rocheteau y Wright (2003) afirmaron que los resultados obtenidos en modelos de búsqueda dependen en forma sustancial del supuesto de organización industrial vigente en los mecanismos de fijación de precios. Por ejemplo, encuentran que los costos de la inflación son altos bajo un esquema de negociación asimétrica entre agentes en la economía, mientras que si se suponen agentes tomadores de precios los costos son menores, sin llegar a desaparecer porque la frecuencia en el

---

<sup>2</sup> Este tipo de modelos suponen que el dinero es un bien primario que puede ser utilizado para intercambiar bienes y servicios en una economía y tiene un costo de almacenaje igual a la tasa de interés o de inflación.

<sup>3</sup> Estos modelos presentan agentes económicos que tienen dificultades para encontrar de forma inmediata otro agente con quien comerciar, por tanto deben realizar la búsqueda del otro agente antes de realizar la transacción.

intercambio no es eficiente. Por último, si los precios son establecidos en el mercado el costo de la inflación es menor.

Por su parte, Craig y Rocheteau (2008) añaden que cualquier discrepancia entre los resultados de Lucas y Fischer con los de otros autores radica esencialmente en la estrategia utilizada para ajustar la demanda de dinero.

Adicionalmente, existen estudios que se enfocan en las diversas aplicaciones que se le pueden dar a las mediciones del costo de la inflación, por ejemplo Okano (2008), lo relaciona con el régimen monetario de una economía. Estima que las variaciones del producto y la tasa de inflación son mayores bajo regímenes diferentes a metas de inflación.

Ascari y Ropele (2008), añaden al análisis construyendo una función de bienestar basada en la razón de sacrificio<sup>4</sup>, donde se muestran ganancias en los procesos desinflacionarios. Thornton (1996), por su parte propone medir los costos y beneficios de la reducción en la inflación siguiendo la regla de Howitt, quien propuso la existencia de una tasa de inflación objetivo óptima como aquella que iguala las ganancias y los costos de reducir la inflación. Thornton (1996) utiliza la razón de sacrificio para obtener una medición de los costos y propone una metodología de flujos descontados a valor presente para estimar los beneficios de un proceso desinflacionario.

La sección de estimaciones de este documento utiliza la literatura presentada anteriormente y elabora una aplicación econométrica del enfoque de Lucas (2000) para estimar el costo en términos de bienestar de la inflación, así como una estimación del enfoque propuesto por Thornton (1996) de la regla de Howitt modificado para obtener únicamente una estimación de los beneficios. Estas dos aplicaciones serán el insumo para medir el resultado neto del proceso desinflacionario del 2008-2010 en Costa Rica.

---

<sup>4</sup> La razón de sacrificio se define como la diferencia en puntos porcentuales entre la tendencia del producto de pleno empleo y el producto efectivo dividida por la disminución observada en la inflación para un período desinflacionario específico.

### 3. Efectos de la Inflación sobre las Decisiones: Simulación

Esta sección busca establecer los principales efectos esperados, según la teoría económica, de la inflación sobre las decisiones de consumo, ahorro y tenencia de liquidez de los agentes de la economía cuando se enfrentan a diferentes niveles de inflación, utilizando un modelo de optimización dinámica en el cual un consumidor asigna su riqueza entre consumo, ahorro y liquidez, con el fin de proveer una intuición teórica de los resultados esperados para las estimaciones por realizar.

El problema del consumidor puede ser modelado en forma de una optimización dinámica, incluyendo un factor estocástico, utilizando una ecuación de Bellman:

$$V(s) = \text{Max}_{0 \leq x, y} \left\{ \frac{(s - x - y)^{1-\tau}}{1-\tau} + \delta E_{\varepsilon_x \varepsilon_y} V[\gamma((1 + \varepsilon_x)x) + \varphi((1 + \varepsilon_y)y)] \right\} \quad (1)$$

Esta ecuación muestra una variable de estado  $s$ , en este caso el nivel de riqueza al inicio del periodo, y dos variables de acción  $x$  y  $y$ , los montos asignados a ahorro y liquidez respectivamente, donde  $V$  representa la función de valor del agente, y por tanto el valor presente de la utilidad recibida por el agente.

Este enfoque de una ecuación de Bellman es especialmente útil ya que captura el problema dinámico enfrentado por un agente que se preocupa por el futuro y que optimiza sus decisiones de balancear satisfacción inmediata contra satisfacción futura. Las ecuaciones de Bellman al ser ecuaciones funcionales<sup>5</sup> no lineales en la mayoría de los casos carecen de una solución explícita (cerrada), sin embargo utilizando métodos numéricos se puede obtener una solución con un alto grado de precisión<sup>6</sup>.

Se inicia con una primera simulación base para fines comparativos, en esta se utilizan valores para los parámetros basados en la experiencia de Costa Rica para el período 2008-2012 que a su vez sean coherentes con los sugeridos por la literatura. Se utiliza el coeficiente de aversión relativa al riesgo  $\tau = 2$ , basado en Cárdenas y Carpenter (2010) que encuentran que ignorando el nivel de riqueza, para países en desarrollo este coeficiente se encuentra entre 0,05 (Etiopía) y 2,57(Paraguay). Una tasa de interés para los ahorros más principal,  $\gamma$ , con un valor de 1 como un valor de referencia (0% tasa de interés nominal). Un

---

<sup>5</sup> Ecuaciones donde parte de las incógnitas son a su vez una función.

<sup>6</sup> La metodología de solución para la ecuación de Bellman es presentada en detalle en el Anexo 1.

efecto de inflación  $\phi$  inicial igual a 1 ( $\approx 0\%$  inflación). Finalmente una volatilidad de los choques  $\mathcal{E}$  iguales a cero, en este caso el agente no distingue entre ambos y les asigna valores idénticos.

Adicionalmente se desarrolla un escenario donde los choques aleatorios del ahorro y la liquidez son diferentes del valor base y la volatilidad de la inflación es mayor a la del ahorro. Se asigna un valor de 1,8% para la volatilidad de la tasa de interés y de 3,5% para la de la inflación. En este caso el nivel de ahorro y de liquidez óptimos cambia en favor de un mayor nivel de ahorro y menor de liquidez, resultado intuitivo para un agente que prefiere reducir la incertidumbre de cómo la distribución de su riqueza proveerá réditos en el futuro, es decir que presenta aversión al riesgo positiva. El nivel de riqueza por su parte se mantiene igual al escenario base mientras que el nivel óptimo de consumo se incrementa en este caso.

El siguiente escenario desarrollado mantiene los choques aleatorios del ahorro y la liquidez diferentes del valor base y se introduce que el rendimiento del ahorro no es 1 sino que 1,06 (tasa de interés nominal del 6%, que corresponde al valor promedio de la variable para el período 2008-2012). En este caso el nivel de ahorro es mayor, mientras que el nivel óptimo de liquidez disminuye sustancialmente. Este resultado muestra un agente que reacciona racionalmente ante un cambio en el rendimiento relativo a favor de un activo y por tanto un aumento en el costo de oportunidad del otro, en este caso la liquidez.

Finalmente, se sensibiliza el ejercicio con un escenario donde además de los fenómenos mencionados anteriormente se desarrollan dos escenarios adicionales, donde la liquidez es expuesta a un efecto dilución por inflación ( $\phi$ ) igual a 0,95 ( $\approx 5\%$  inflación) y 0,90 ( $\approx 11\%$  por ciento de inflación), valores razonables para la experiencia costarricense en el período después del 2010 y antes del 2008, respectivamente. El efecto de la mayor inflación es de reducción en la tenencia de liquidez y por tanto también de la utilidad.

El cuadro 1 resume los resultados sobre la riqueza y la política óptima de ahorro y liquidez en cada uno de los casos expuestos<sup>7</sup>. En general, se observa que agentes aversos al riesgo prefieren menor volatilidad en sus portafolios. También se tiene que, un aumento en el costo de oportunidad del dinero conlleva una reducción en las tenencias de liquidez. Por último, un aumento de la inflación implica una reducción drástica en el nivel óptimo de liquidez y por ende del nivel de largo plazo de riqueza. Este modelo y sus simulaciones dan

---

<sup>7</sup> Los resultados exactos para cada una de las simulaciones se encuentran en la sección de anexos.

la intuición teórica de que niveles más altos de inflación y de volatilidad implican mayores ajustes en los niveles de liquidez, y por ende de la riqueza futura. Estos ajustes son costosos para los agentes y por tanto crean ineficiencias en la economía. Estos efectos son coherentes con la intuición mencionada por Lucas y Fischer en que existe un mayor costo de mantener saldos de dinero en presencia de inflación. Mediciones del costo y el beneficio, para el caso de Costa Rica, de reducir los efectos negativos de la inflación descritos en esta sección son el objetivo de las secciones siguientes.

**Cuadro 1. Resumen Simulaciones**

Movimiento Inicial	Comparación con el Escenario Base			
	Riqueza	Ahorro	Liquidez	Consumo
Volatilidad Inflación mayor que Volatilidad Tasa Interés	Igual	Aumenta	Disminuye	Aumenta
Incremento en Tasa de Interés	Igual	Aumenta	Disminuye	Aumenta
Incremento en Inflación	Disminuye	Igual	Disminuye	Disminuye

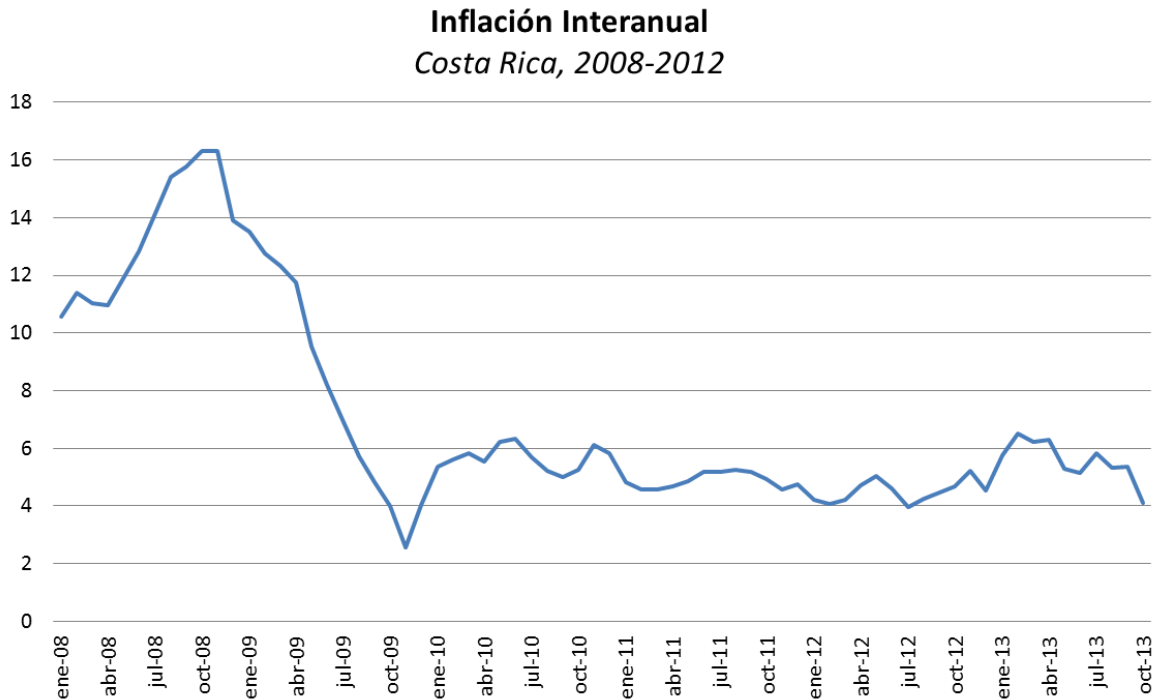
Fuente: Elaboración propia.

#### 4. Estimaciones de Costos y Beneficios

Como se mencionó, las estimaciones que se realizan en este estudio tienen como objetivo proveer las herramientas necesarias para medir los costos y beneficios de un proceso desinflacionario. Estas mediciones son la parte principal del ejercicio ya que darán mayor claridad para discutir propuestas de política, tales como modificar el ritmo de convergencia de la meta de inflación hacia la de largo plazo tomando en cuenta sus costos. Además de servir para medir la efectividad de políticas específicas y posibles costos futuros de procesos desinflacionarios, y en general orientar las decisiones de política monetaria.

El período de análisis para las estimaciones que se realizan en esta sección es de enero de 1999 a junio del 2013, con particular atención al período 2008-2013, donde la inflación interanual pasó de ser 10,5% en enero 2008 a 5,14% en junio del 2013 (gráfico 2).

Gráfico 2. Inflación Interanual



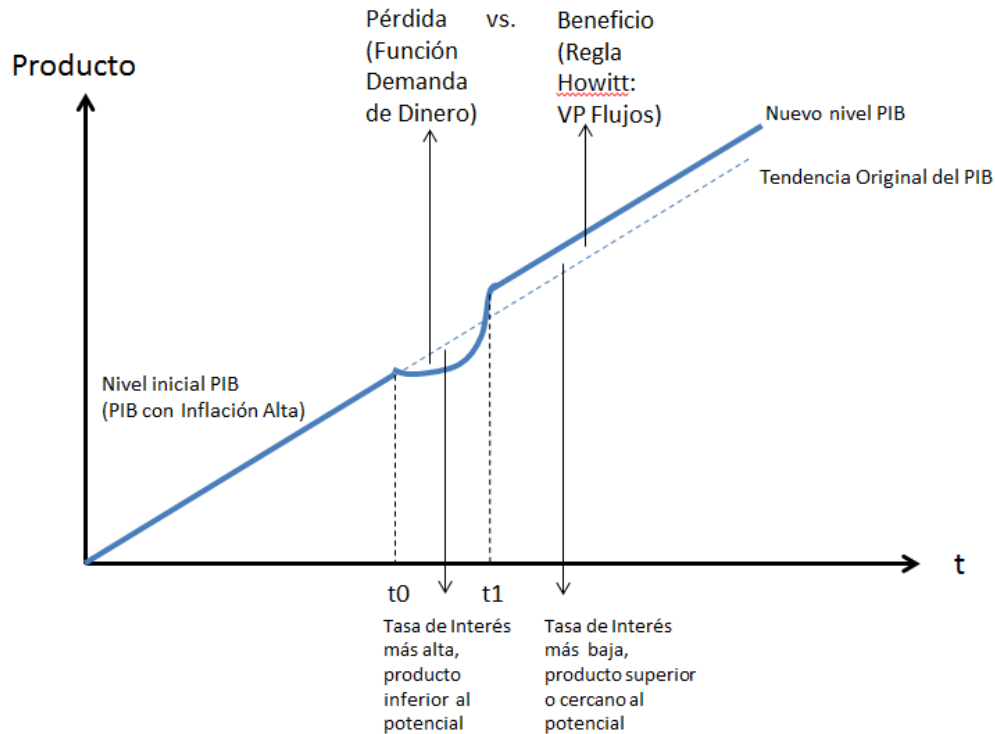
Fuente: Elaboración propia.

Los principales supuestos utilizados para todas las estimaciones y cálculos que se presentan a continuación son:

- i. El instrumento de política monetaria utilizado en Costa Rica, ya sea tasa de interés de política monetaria, operaciones de mercado abierto o cambios en el encaje mínimo legal, afectan las tasas de interés.
- ii. El proceso desinflacionario del año 2009 respondió, entre otras cosas, a una decisión de política monetaria.

Durante el período de análisis Costa Rica se encontraba en proceso de transición hacia un esquema metas de inflación, dado que este proceso no ha se consolidado, los resultados que se obtengan cobran mayor relevancia puesto que brindan herramientas para una mejor formación de criterio al momento de evaluar este proceso.

Gráfico 3. Diagrama de Costos y Beneficios de la Desinflación



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 3 ilustra los principales cálculos por realizar en este capítulo. Inicialmente se calcula la pérdida producida por el proceso desinflacionario que ocurre entre los períodos  $t_0$  y  $t_1$ , utilizando la metodología de la función de demanda de dinero de Lucas. Seguidamente se procederá a estimar el beneficio de este proceso y que se experimenta del período  $t_1$  en adelante. Para este fin se utiliza la metodología del valor presente de los flujos futuros de beneficios de un proceso desinflacionario, medidos en términos de producción, propuesta por Thornton (1996) basado en la regla de Howitt<sup>8</sup>.

Tal y como lo denota el gráfico 2, el análisis supone que inicialmente la tasa de interés se incrementa en  $t_0$  como resultado de las medidas para reducir la inflación y que una vez logrado este objetivo en  $t_1$  baja a un nuevo nivel de equilibrio. Este cálculo supone que el

<sup>8</sup> El cálculo de los costos utilizado por la regla de Howitt se basa en la razón de sacrificio. La razón de sacrificio supone que la economía se situaría en el producto de pleno en el caso de no incurrir en el proceso desinflacionario; además, asigna cualquier desvío de este nivel de producto a la reducción en la tasa de inflación. Estos supuestos hacen que esta metodología no sea superior a la propuesta por Lucas donde se calculan directamente los costos observados en la función de demanda de dinero sin necesidad de realizar supuestos tan fuertes.

producto de la economía (PIB) seguía una tendencia de largo plazo que se modifica dos veces: Primero, se presenta una disminución en el producto por la respuesta a una mayor tasa de interés y una vez alcanzado el objetivo de inflación recupera su nivel y su tasa de crecimiento debido a la menor tasa de interés y a los beneficios de menores tasas de inflación, permitiendo que el nuevo nivel de producción y tasa de crecimiento sean superiores al que habría sido alcanzado si no se toma la decisión de reducir la inflación, que fue lo que provocó el movimiento inicial en la tasa de interés.

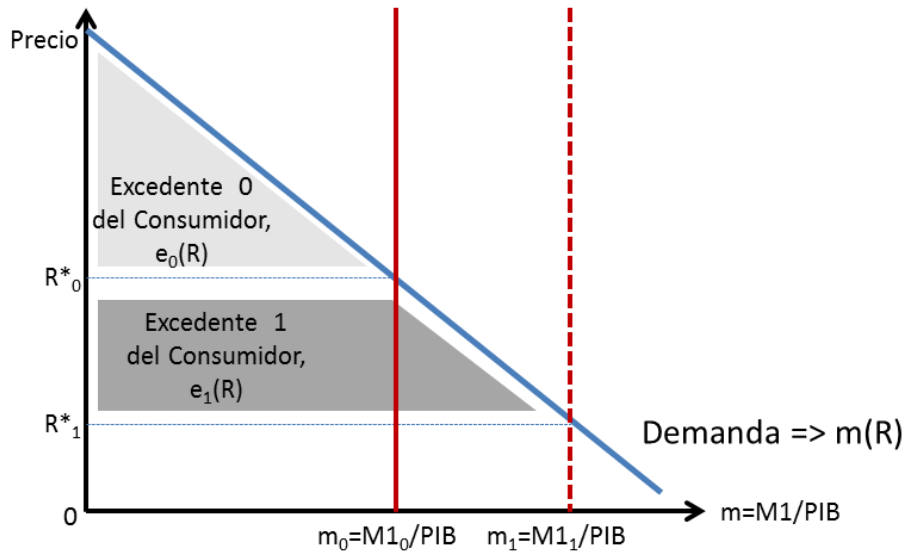
#### **4.1 Estimación de Costos Siguiendo Enfoque de Demanda de Dinero**

El proceso inicia al definir que el costo de tener balances de dinero es la tasa de interés, que está ligada al instrumento de política utilizado por la autoridad monetaria. A partir de este enunciado el estudio construye una demanda de dinero y el respectivo excedente del consumidor, basados en que los agentes demandan saldos de dinero que no ganan intereses y que la tasa de interés representa el costo de la liquidez.

Una vez estimada, se vincula la noción de demanda de dinero a la de costo en bienestar, al definir este bienestar como el área bajo la función de demanda. Lucas (2000) propone que el triángulo que se forma bajo la curva de demanda, entre la tasa de interés igual a cero y la tasa de interés que prevalece en el mercado, mide el costo en bienestar de tener una tasa de interés positiva y costosa en vez de una tasa de interés igual a cero. En este análisis se supone que la tasa de interés varía por razones de política monetaria, por ejemplo el gráfico 4 muestra una situación donde políticas restrictivas para reducir la inflación (reducciones en  $M1$  de  $M1_1$  a  $M1_0$ ) conllevan a aumentos en la tasa de interés de equilibrio ( $R^*_1$  a  $R^*_0$ ).

Por tanto el costo en bienestar es definido como la fracción de ingreso que los agentes requieren como compensación para ser indiferentes entre dos estados estacionarios, es decir, la diferencia del área bajo la curva de demanda con una tasa de interés inicial menos el área cuando la tasa de interés es menor (Excedente 1 en gráfico 4). Obviamente, el costo de la inflación en términos de bienestar se minimiza cuando la tasa de interés es igual a cero.

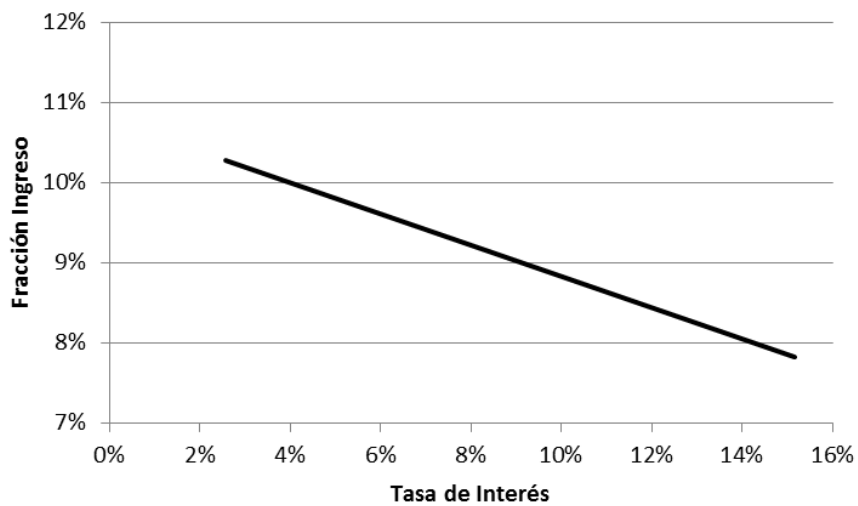
Gráfico 4. Demanda de Dinero y Excedente del Consumidor



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 5 muestra la relación resultante de datos históricos de la tasa de interés nominal,  $R$ , y la razón denominada fracción del ingreso, que consiste de dividir  $M1$  por el PIB nominal ( $y$ ), denominada en corto como  $m$ . Donde los puntos corresponden a puntos en una demanda de dinero de la forma  $M_t = L(R_t, y_t)$ . Donde  $L(R, y) = m(R) * y$ .

Gráfico 5. Fracción del Ingreso y Tasa de Interés. Costa Rica 1999-2012



Fuente: Elaboración propia.

Después de realizar una revisión de la literatura y comprobar cuáles formas funcionales son las que mejor exponen el problema, Lucas (2000) propone dos especificaciones para la demanda de dinero para estimar los costos de la inflación en términos de bienestar. Las funciones difieren en que una de ellas utiliza una semielasticidad de demanda de dinero para su cálculo y la otra utiliza una elasticidad. La primera función de demanda presentada es de la siguiente forma,

$$m(R) = Be^{-\xi R} \quad (3)$$

Donde  $m$ , representa la demanda de dinero,  $B$  es una constante seleccionada de manera que la curva intersecte la media geométrica de los pares de datos,  $R$  es la tasa nominal de interés y  $\xi$  es la semi elasticidad dinero a la tasa de interés. La segunda demanda de dinero es representada por la siguiente ecuación,

$$m(R) = AR^{-\eta} \quad (4)$$

Donde  $m$ , representa la demanda de dinero,  $A$  es una constante seleccionada de manera que la curva intersecte la media geométrica de los pares de datos que funciona de medida de ajuste,  $R$  es la tasa nominal de interés y  $\eta$  es la elasticidad dinero de la tasa de interés.

Luego de identificar estas curvas de demanda se debe proceder a encontrar las funciones de bienestar,  $w(R)$ , correspondientes para cada demanda<sup>9</sup>. Este proceso se realizará integrando el área bajo la inversa de la función de demanda,  $\Psi$ , desde una tasa de interés igual a cero hasta una tasa  $R$  definida para el análisis (ecuaciones 5 y 5').

$$w(R) = \int_{m(R)}^{m(0)} \Psi(x) dx \quad (5)$$

---

<sup>9</sup> Las derivaciones completas se encuentran en el Anexo 3.

$$w(R) = \int_0^R m(x)dx - Rm(R) \quad (5')$$

Para el caso específico de las funciones presentadas en este análisis se tiene que para la primera función de demanda la correspondiente función de bienestar es,

$$w(R) = \frac{B}{\xi} \left[ 1 - (1 + \xi R)e^{-\xi R} \right] \quad (6)$$

Por su parte para la segunda función de demanda la función de bienestar es representada por,

$$w(R) = A \left( \frac{\eta}{1-\eta} \right) R^{1-\eta} \quad (7)$$

En estas funciones de bienestar  $w(R)$  representa el nivel de bienestar medido como porcentaje del ingreso,  $B$  y  $A$  son constantes seleccionadas de manera que la curva interseque la media geométrica de los pares de datos,  $R$  es la tasa nominal de interés,  $\eta$  es la elasticidad dinero de la tasa de interés y  $\xi$  es la semi elasticidad dinero de la tasa de interés.

Luego de definir las funciones de bienestar de cada una de la especificaciones sugeridas para las curvas de demanda de dinero se procede a estimar económicamente los coeficientes de intercepto y elasticidad para cada una de las funciones de demanda, que a su vez implica obtener los coeficientes necesarios para identificar las funciones de bienestar. En esta sección se sigue a Ireland (2009) quien formaliza un marco de análisis para explicar, utilizando técnicas econométricas y datos empíricos, las observaciones realizadas por Lucas. Al linearizar las ecuaciones de demanda de dinero seleccionadas se obtienen las siguientes funciones de demanda,

$$m(R) = Be^{-\xi R} \Rightarrow \ln(m) = \ln(B) - \xi R \quad (8)$$

$$m(R) = AR^{-\eta} \Rightarrow \ln(m) = \ln(A) - \eta \ln(R) \quad (9)$$

Estas ecuaciones serán denominadas en adelante como modelo semi-log y log-log, respectivamente. Una vez realizada esta transformación se procede a identificar las series por utilizar para las estimaciones. En primer lugar la relación M1-PIB para la serie  $m$ , el logaritmo de la relación entre M1 y PIB, para  $\ln(m)$ . La tasa de interés será representada por dos tasas de interés, la primera será la tasa pasiva promedio del sistema bancario a 30 días plazo (TP30),  $R$ , que ha sido identificada por Chaverri (2011) como la tasa que mejor estima una función de demanda de dinero para Costa Rica. La segunda tasa utilizada en el análisis para controlar por los efectos de los cambios directos en las tasas de interés de los instrumentos de política monetaria del BCCR y proveer robustez a las estimaciones es el Índice de Tasa de Política Monetaria (TPM<sup>10</sup>),  $R2$ . Además se incluyen los logaritmos de ambas tasa de interés mencionadas anteriormente,  $\ln(R)$  y  $\ln(R2)$ , respectivamente. Con todas estas series se procede a aplicar la prueba estadísticas de raíz unitaria de Phillips-Perron para determinar si son o no estacionarias.

**Cuadro 2. Resultados Pruebas Raíz Unitaria Phillips-Perron**

<b>H0: Variable X tiene una raíz unitaria</b>	<b>Estadístico t</b>	<b>Prob.</b>
<i>ln(m)</i>	-3,5216	0,0085
<i>m</i>	-3,7058	0,0048
<i>ln (R)</i>	-1,5008	0,5309
<i>R</i>	-1,5026	0,5300
<i>ln (R2)</i>	-1,5007	0,5310
<i>R2</i>	-1,6819	0,4386

Fuente: Elaboración propia.

<sup>10</sup> Definida por el Departamento de Investigación Económica del BCCR.

El cuadro 2 muestra el estadístico  $t$  y la probabilidad de que la serie analizada no sea estacionaria (presenta raíz unitaria). Por tanto los valores de la estimación señalan que no se rechaza la hipótesis de raíz unitaria (series no estacionarias) para las variables relacionadas a las tasas de interés, original y logarítmica, pero sí para las series relacionadas a la fracción del ingreso (probabilidad menor a 0,10).

Una vez realizada esta prueba y conociendo las condiciones de estacionariedad encontradas anteriormente se necesita comprobar que las series juntas presentan cointegración, esto significa que el error de la regresión resultante es estacionario y por tanto los resultados son válidos y no representan una regresión espuria. Las estimaciones se analizan utilizando la prueba Phillips-Ouliaris de cointegración, que consiste de un proceso de estimación de mínimos cuadrados ordinarios para estimar el intercepto y la pendiente de la relación lineal de las variables no estacionarias. Luego se aplica la prueba Phillips-Perron para determinar si el error de la regresión es estacionario o no estacionario. En los casos donde la hipótesis nula de raíz unitaria del error, o no cointegración de las series, puede ser rechazada se presenta una relación de cointegración entre las series, es decir se tiene una combinación lineal estacionaria de dos variables no estacionarias y por tanto los estadísticos obtenidos para los coeficientes son válidos.

### Cuadro 3. Pruebas de Cointegración

#### Pruebas Phillips-Perron de Cointegración al Residuo

	$\alpha$	$\beta$	$Z_t$	Prob
$\ln(m)=\alpha\text{-BR}$	-2,3244	-1,7296	-4,9402	0,0001
	(-153,1009)	(-10,6609)	H0: Error tiene una raíz unitaria	
$\ln(m)=\alpha\text{-}\beta\ln(R)$	-2,7950	-0,1266	-4,8728	0,0001
	(-84,0611)	(-9,7494)	H0: Error tiene una raíz unitaria	

#### Pruebas de Cointegración Phillips-Ouliaris

	$\alpha$	$\beta$	$Z_t$	Prob
$\ln(m)=\alpha\text{-}\beta R$	-2,3189	-1,8621	-43,4194	0,0002
	(-72,8858)	(-5,9779)		
$\ln(m)=\alpha\text{-}\beta\ln(R)$	-2,8186	-0,1346	-39,7536	0,0004
	(-47,7598)	(-5,8450)	H0: Series no son cointegradas	

Fuente: Elaboración propia. Estadístico  $t$  entre paréntesis

El Cuadro 3 presenta los coeficientes del intercepto ( $\alpha$ ) y la pendiente ( $\beta$ ) de un proceso de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) para cada una de las especificaciones, junto con el estadístico  $Z_t$ , de Phillips-Ouliaris,  $\rho = 1$ , por auto correlación en el error de la regresión, computado usando el método de Newey-West<sup>11</sup>. Basados en estos valores críticos los resultados de las estimaciones muestran que las hipótesis de raíz unitaria en el error o no cointegración de las series se rechazan en todos los casos. Adicionalmente, todas las especificaciones muestran coeficientes significativos para la relación de demanda, en especial para el caso de la especificación semi log utilizando la tasa de interés  $R$  (TP30), por tanto de ahora en adelante se mostrarán solo los resultados para esta variable con la salvedad que se realizarán todas las estimaciones para ITPM también.

Una vez establecidas las condiciones de estacionariedad y cointegración se procede a estimar un modelo Dinámico de Mínimos Cuadrados Ordinarios (conocido como DOLS por sus siglas en inglés). Este tipo de regresión dinámica es especialmente útil cuando se supone que las series no estacionarias están cointegradas, una mejora con respecto de las regresiones estáticas. Stock y Watson (1993) muestran que bajo el supuesto de cointegración, las estimaciones del DOLS son asintóticamente eficientes y asintóticamente equivalentes a estimaciones de máxima verosimilitud de Johansen. Adicionalmente, esta metodología permite incluir rezagos y adelantos con el fin de controlar por la posible correlación entre la tasa de interés y el error de la relación cointegrante. Los resultados de esta metodología se muestran en el cuadro 4 para el caso de la especificación semi log, que fue la que mostró mejores resultados en la pruebas anteriormente realizadas.

---

<sup>11</sup> Los valores críticos de  $Z_t$  son, -3.07 (10%), -3.37 (5%) y -3.96(1%), para los valores y la respectiva significancia entre paréntesis.

#### Cuadro 4. MCO Dinámicos

	$\alpha$	$\beta$	<i># Rezagos/Adelantos</i>
$\ln(m)=\alpha-\beta R$	-2,3251 (-76,4813)	-1,7899 (-5,9610)	1
	-2,3217 (-73,2301)	-1,8463 (-5,8418)	2
	-2,3191 (-71,3897)	-1,8774 (-5,7809)	3
	-2,3183 (-71,2804)	-1,8635 (-5,7012)	4

Estadístico t entre paréntesis

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 4 muestra los coeficientes del intercepto ( $\alpha$ ) y la pendiente ( $\beta$ ) de un modelo DOLS, corregidos por auto correlación en el error de la regresión, computado usando el método de Newey-West. El cuadro muestra también el número rezagos y adelantos para cada especificación. Los resultados presentan poca variación de los errores estándar de cada iteración señalando que la regresión es robusta y los valores de los parámetros obtenidos son estables. Una vez obtenidos estos resultados son reinterpretados como parte de la ecuación de demanda y pueden ser utilizados para estimar el costo de la inflación en términos de bienestar utilizando las formas funcionales sugeridas por Lucas (2000).

Cuadro 5. Costo en Términos de Bienestar

Estimación	B=exp( $\alpha$ ) epsilon= $\beta$		T. Interés	R=TP30		
				2,98%	7,77%	Costo Adicional
MCO Estático	0,0978	-1,7296		0,078%	0,558%	0,480%
MCO Dinámico (1)	0,0978	-1,7899	Costo en Bienestar w(R)	0,081%	0,579%	0,498%
MCO Dinámico (2)	0,0981	-1,8463		0,084%	0,601%	0,517%
MCO Dinámico (3)	0,0984	-1,8774		0,086%	0,614%	0,528%
MCO Dinámico (4)	0,0984	-1,8635		0,085%	0,609%	0,524%
			Promedio	0,083%	0,592%	0,510%

Estadístico t entre paréntesis

Fuente: Elaboración propia.

Las estimaciones del cuadro 5 muestran que utilizando los resultados econométricos del cuadro 4 se puede calcular el costo en términos de bienestar, definido por Lucas (2010), para el caso costarricense de reducir la inflación de 10,56% a 5,34% (período desinflacionario enero 2008- enero 2010). En el caso del costo, utilizando la tasa de interés TP30, de subir la tasa de interés de 2,98% a 7,77% (cambio observado en el período 2008-10) es de alrededor de 0,51% del PIB del 2008<sup>12</sup>. Se procede a confirmar si estos resultados son coherentes con la experiencia internacional (cuadro 6) y en efecto se encuentran dentro del rango de valores observados (0,10% a 0,80%) para experiencias internacionales medidas utilizando la metodologías similares.

<sup>12</sup> El costo utilizando la ITPM es de 0,49% del PIB.

**Cuadro 6. Costo de reducir la inflación de 10% a 4%**

<b>País</b>	<b>Costo</b>	<b>Referencia</b>
Bélgica	0,30%	Serletis y Yavari (2007)
Austria	0,45%	
Francia	0,10%	
Alemania	0,20%	
Holanda	0,40%	
Irlanda	0,50%	
Italia	0,20%	Serletis (2005)
Estados Unidos	0,80%	Lucas (2000)

Fuente: Elaboración propia, con base en los autores mencionados.

Estos valores podrían motivar a las autoridades a realizar reducciones sostenidas en la tasa de inflación utilizando como instrumento la tasa de interés, sin embargo es importante recordar que estas cifras son costos para la sociedad que podrían ser evitados o que en el mejor de los casos deben ser comparados con los beneficios obtenidos del mismo proceso de desinflación. Es por esta razón que a continuación se procede a realizar una evaluación de los beneficios del proceso de desinflación experimentado por Costa Rica.

#### **4.2 Estimación de Beneficios Siguiendo Enfoque de Flujos Descontados**

Esta sección se basa en Thornton (1996) y su aplicación de la regla de Howitt para establecer los costos y beneficios de un proceso desinflacionario. La regla de Howitt propone la existencia de una tasa objetivo óptima de inflación que balancea las ganancias y los costos de reducir la inflación. Según esta regla, la reducción en la inflación podría continuar mientras que el valor presente descontado de los beneficios para la sociedad sea mayor que el valor presente descontado de los costos. Por tanto Thornton (1996) desarrolla el instrumental para calcular el valor presente de las pérdidas generadas por un proceso desinflacionario y lo compara con el valor presente de las ganancias generadas. Sin embargo, esta metodología será utilizada únicamente para calcular las ganancias y no los

costos<sup>13</sup>, ya que usualmente los costos son observados de manera contemporánea y por tanto su valor presente es fácil de calcular con otras metodologías diferentes a la propuesta por la regla de Howitt. En este sentido los costos del proceso desinflacionario pueden ser observados como un costo hundido en el que se incurre inicialmente sin conocer si serán recuperados en un futuro o no.

La intuición detrás del cálculo de las ganancias es que cuando las autoridades monetarias deciden perseguir una política que reduzca la tasa de inflación de su nivel actual a uno menor se procede a utilizar algún instrumento de política que incrementa la tasa de interés. Este cambio en política provoca inicialmente que el producto caiga por debajo de su nivel de estado estacionario (o de su nivel potencial) hasta que la economía alcance la tasa de inflación menor y se revierte el cambio en la tasa de interés que conllevaría a que el producto vuelva a su nuevo nivel potencial.

Este nuevo producto se espera sea mayor al anterior ya que anteriormente el efecto de un mayor nivel de inflación y a su vez de una mayor volatilidad, creaba incertidumbre acerca del nivel futuro de inflación y por ende los agentes tomaban decisiones para reducir los efectos de esta mayor incertidumbre que causaban distorsiones costosas en la economía. Por ejemplo, Wilson y Culver, (1999), confirman que una reducción en el nivel de inflación reduce también la volatilidad que la acompaña y que la subsecuente reducción en la incertidumbre enfrentada por los agentes conllevaba a que la inversión aumente y a su vez también el producto, en una magnitud promedio de 0,8% del PIB. Sarel (1996), añade que cuando la inflación se cambia de un nivel alto a uno mucho menor, en su caso específico de un nivel superior al 8% a un nuevo nivel menor de ese valor, existe una ganancia única de alrededor de 1,7% del PIB por mejoras en eficiencia, productividad y menores tasas de interés.

Como se mencionó anteriormente, para el cálculo de las ganancias se utilizará el enfoque de Thornton (1996) de la regla de Howitt, específicamente, se utiliza la sección referente al valor presente de las ganancias. Se calcula el valor de los beneficios como la suma del

---

<sup>13</sup> Como se mencionó anteriormente el cálculo de los costos utilizado por la regla de Howitt se basa en la razón de sacrificio, sin embargo la razón de sacrificio supone que la economía se situaría en el producto de pleno en el caso de no incurrir en el proceso así como asigna cualquier desvío de este nivel a la reducción en la tasa de inflación. Estos supuestos hacen que esta metodología no sea superior a la propuesta por Lucas donde se calculan directamente los costos observados en la función de demanda de dinero sin necesidad de realizar supuestos tan fuertes

incremento del producto por efecto de un cambio en la tasa de crecimiento y por un cambio en el nivel del producto causado por la reducción en la tasa de inflación. Esta diferencia está compuesta de varias partes, primero se identifica el sendero original de crecimiento del producto ( $y^t$ ),

$$y^t = y_0 e^{\alpha t} \quad (10)$$

Luego se identifica el nuevo sendero de crecimiento, ( $y_t^*$ ), el cual se encuentra cuando se le añade al sendero anterior el incremento permanente del producto debido a la menor inflación (Wilson y Culver, 1999 y Sarel, 1996) más la diferencia entre la tasa de crecimiento después de concluido el proceso desinflationario. Este cálculo requiere definir e identificar el valor de,  $\alpha$  la tasa de crecimiento promedio observada antes del proceso de desinflación,  $\delta$  el incremento porcentual permanente en el producto,  $\beta$  la tasa de descuento de los flujos de producto en el tiempo, que en este caso será la tasa real de interés,  $\mu$  la nueva tasa de crecimiento del producto y,  $T$  el período relevante para el análisis,


$$y_t^* = [y_0 e^{\alpha(t_1-t_0)} + \delta] e^{\mu t} \quad (11)$$


Una vez obtenidos estos parámetros de datos históricos (1951-2007) para Costa Rica se identifica el valor presente de estas ganancias (vpg) como el área entre el sendero del producto de períodos previos al proceso desinflationario y el del producto de períodos posteriores a este proceso (ecuación 12),


$$vpg = \int_0^T e^{\beta t} (y_t^* - y_t) dt \quad (12)$$


La ecuación (12) puede ser descompuesta de la siguiente forma para hacer más explícito el cálculo del valor presente de las ganancias,

$$vpg = y_0 e^{(\alpha-\beta)(t_1-t_0)} * \left[ \int_{t_1}^T e^{(\mu-\beta)t} dt - \int_{t_1}^T e^{(\alpha-\beta)t} dt \right] + \delta \int_{t_1}^T e^{(\mu-\beta)t} dt \quad (13)$$

  
**VP Sendero Original**

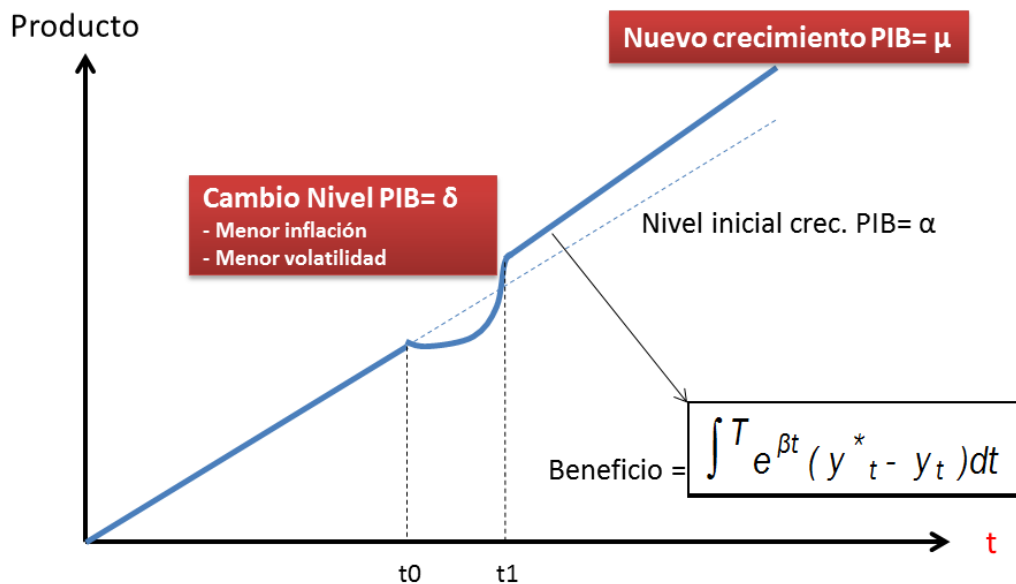
  
**Nueva tasa PIB Neta**

  
**Tasa inicial PIB Neta**

  
**Incremento Permanente Descontado del Nivel del PIB**

El gráfico 6 complementa con un diagrama y explica el proceso de cambio del producto antes y después del período desinflacionario descrito por la ecuación (13). La línea azul señala la tendencia que seguiría el producto durante y después del proceso inflacionario. La línea punteada se refiere a la tendencia que habría seguido el producto en ausencia de desinflación y  $t_0$  y  $t_1$  señalan los momentos cuando la tasa de interés aumenta y cuando disminuye, respectivamente. En el período  $t_0$  se observa una caída en el producto debido al incremento en la tasa de interés mientras que en el período  $t_1$  el producto muestra un incremento por una única vez en su nivel más un incremento en su tasa de crecimiento.

**Gráfico 6. Evolución del PIB Antes y Después de Proceso Desinflacionario**



Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 8 muestra los resultados de aplicar esta metodología para el proceso iniciado en Costa Rica en el año 2008. Los principales parámetros utilizados para calcular las ganancias son la tasa de crecimiento del producto después del período desinflacionario, la tasa de interés real y el incremento permanente del producto. El ejercicio supone que después del proceso desinflacionario la tasa de interés real se ubicaría en su nivel neutral (2,2%, según Segura y Vindas, 2012), este supuesto es consistente con los resultados

mostrados en modelos neoclásicos de crecimiento con firmas que maximizan beneficios y hogares que maximizan utilidad, como los mostrados por Blanchard y Fischer (1989), Barro y Sala-i-Martin (2003) y Romer (2006), donde la tasa de interés real de estado estacionario es una función de las preferencias intertemporales, de la aversión al riesgo y de la productividad. En este caso la menor inflación y volatilidad de la misma reducen la impaciencia en los agentes y aumentan la productividad por mejoras en eficiencia y reducción en incertidumbre como se explicará a continuación.

Por tanto, el producto se acercaría al producto potencial de la economía (4,4%), este incremento se da por las mejoras en eficiencia y productividad (Sarel, 1996) y por incrementos en la inversión (Wilson y Culver, 1999) debido la reducción en la incertidumbre derivada del nivel de inflación.

**Cuadro 8. Resumen Resultados**

	Observado	Supuesto	Observado	Supuesto	Supuesto	Calculado	Calculado	Calculado
	Tasa de Descuento en el Tiempo t0-t1	Tasa de Descuento en el Tiempo t1	Tasa Promedio de Crecimiento del Producto t0-t1	Tasa Promedio de Crecimiento del Producto t1	Incremento Permanente del Producto	Valor Presente de la Ganancia % PIB	Valor Presente de la Pérdida % PIB	Resultado Neto % PIB
	Tasa Int. Observada Período Inflacionario	Tasa Real Neutral	Período con Inflación Mayor (1951-2007)	Producto Potencial	Literatura	$\int e^{\beta t} (y^*_{t-1} - y_t) dt$	Calculado Según Enfoque de Lucas	
(2008-2010)-Indefinido	5,6	2,2	3,7	4,4	1,7	31,59	0,50	31,09

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de aplicar este análisis muestran que las ganancias en el tiempo, descontadas, del proceso desinflacionario son de 31,59% del producto del año 2008. Thornton (1996) menciona que cuando el producto es afectado negativamente por un fenómeno inflacionario y se da una reducción en la inflación aunque esta reducción sea

muy pequeña la ganancia de reducir la inflación es significativa. El autor presenta estimaciones para el proceso desinflacionario del período 1980-1987 en los Estados Unidos de América donde una reducción en la inflación que conlleva un incremento de la tasa de crecimiento del producto de largo plazo en 10 puntos base (de 3,0% a 3,1%) conlleva ganancias del proceso de más del 10% del PIB con una tasa de interés después del proceso inflacionario de 4%. El autor estima las ganancias máximas del proceso en 45% del PIB de 1980, en el tanto la tasa de interés se ubicara en niveles cercanos a 3,5% después del proceso desinflacionario. Hakkio y Higgins (1985) por su parte estiman los beneficios esperados de este mismo proceso desinflacionario en alrededor de 20% del PIB de 1980 y mencionan que esta ganancia podría ser mayor ya que la menor inflación implica eliminar un costo que estaba presente siempre en la economía.

Estos resultados no son distantes de los estimados anteriormente. Sin embargo, con el fin de obtener mayor claridad en los factores determinantes para estas ganancias así como su robustez se procede a realizar ejercicios de sensibilización de los resultados actuales. Los resultados de estos ejercicios (Anexo 4) muestran que solamente un aumento de la tasa de crecimiento del producto de 40 puntos base (de 4,0% a 4,4%) debido a la reducción en la inflación implica ganancias descontadas superiores a 15% del PIB.

Si se comparan las ganancias expuestas en el cuadro 8 con las pérdidas calculadas previamente, de 0,50% del PIB, la ganancia neta es superior al 31% del producto del 2008. Esto representa alrededor de 45 años de crecimiento de la economía en un nivel igual al producto potencial (comparado con haber continuado creciendo al nivel promedio antes del proceso desinflacionario). Es importante señalar que estas son las ganancias esperadas a lo largo del tiempo y a pesar de ser positivas y significativas si se dan en el futuro lejano no serían disfrutadas por la generación que incurre en los costos, sino por las generaciones futuras. Esto convierte al ejercicio en una transferencia intergeneracional, sin embargo es posible cuantificar cuánto de estas ganancias ya fueron obtenidas por la generación de consumidores actuales y por tanto cuantificar el efecto neto presente y compararlo con el efecto esperado.

El cuadro 9 detalla las ganancias del proceso desinflacionario si se limita el análisis a los resultados observados hasta diciembre del año 2012. En este caso se utilizan las tasas de

crecimiento del producto observadas, y en términos de la tasa de descuento se utiliza (por congruencia) la tasa real neutral más la brecha promedio observada entre la tasa real efectiva y la tasa real neutral durante ese período. El resultado es que las ganancias observadas del proceso desinflacionario hasta diciembre del año 2012 son iguales a 0,58% del producto, es decir, 0,08 puntos porcentuales mayores que los costos incurridos. Por tanto, se puede afirmar que el proceso desinflacionario de los años 2008-2010 fue beneficioso para la sociedad y que la generación actual ya empezó a recibir los beneficios generados de esta política.

**Cuadro 9. Resultados Período 2008-2013**

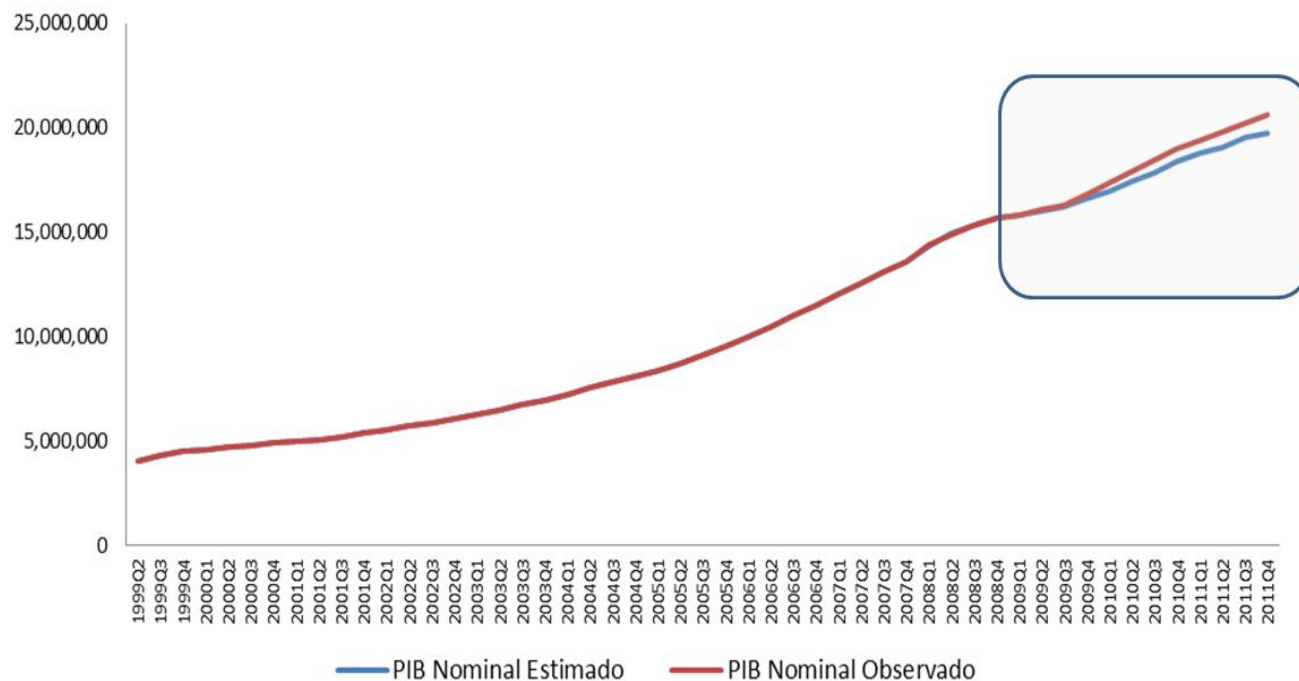
	Tasa de Descuento en el Tiempo t0-t1	Tasa de Descuento en el Tiempo t1	Tasa Promedio de Crecimiento del Producto t0-t1	Tasa Promedio de Crecimiento del Producto t1	Incremento Permanente del Producto	Valor Presente de la Ganancia % PIB	Valor Presente de la Pérdida % PIB	Resultado Neto % PIB
	Tasa Int Observada Período Inflacionario 2008-2010	Brecha+Tasa Real Neutral Promedio Período 2008-2013	Período con Inflación Alta	2010-2013	Literatura	$\int^{2013} e^{\beta t} (y_t^* - y_t) dt$	Calculado Según Enfoque de Lucas	
2008-2013 (Observado)	5,4	3,0	2,8	3,4	1,7	0,58	0,50	0,08

Fuente: Elaboración propia.

Por último, una manera adicional de corroborar la coherencia y robustez de estos resultados es utilizar una metodología diferente y obtener resultados similares. Por esta razón se realiza un ejercicio de simulación donde, utilizando una de las metodologías más apropiadas para ejercicios de simulación y proyección (vectores auto regresivos) se estima y pronostica la tendencia que habría seguido el PIB nominal si no se hubiera iniciado el proceso desinflacionario del año 2008 (gráfico 7). Una vez obtenidos estos resultados son comparados con el PIB observado para el período pronosticado (2008-2011) y se observa una tendencia de separación entre ambas series, donde el PIB observado es mayor al PIB estimado. Esta separación puede ser un indicador incipiente de que los resultados

obtenidos anteriormente son coherentes con las condiciones mostradas por la economía durante este período.

**Gráfico 7. PIB Nominal, Estimado vs Observado. 1999-2011**  
-millones de colones-



Fuente: Elaboración propia.

### 4.3 Simulaciones de Reducción de Inflación

El instrumental presentado en las secciones anteriores también puede ser utilizado para evaluar otros escenarios posibles de política monetaria, de hecho el cuadro 10 muestra los resultados de simulaciones realizadas suponiendo que el BCCR inicia a partir del año 2014 un proceso desinflacionario para acercarse al nivel objetivo de inflación de largo plazo del BCCR, 3% (sugerido por Álvarez y León (2012) utilizando la inflación de los socios comerciales). Utilizando el Modelo Macroeconómico de Proyección Trimestral (MMPT)<sup>14</sup>, ,

<sup>14</sup> Muñoz y Tenorio (2008)

como insumo para simular la evolución de la economía si la meta de inflación se redujese primero a 4% y luego a 3% se obtienen los parámetros necesarios para estimar los costos y beneficios de un proceso de esta naturaleza acotados al año 2018.

**Cuadro 10. Resultados Esperados Desinflación Futura**

	Supuesto	Supuesto	Observado	Supuesto	Supuesto	Calculado	Calculado	Calculado
	Tasa de Descuento en el Tiempo t0-t1	Tasa de Descuento en el Tiempo t1	Tasa Promedio de Crecimiento del Producto t0-t1	Tasa Promedio de Crecimiento del Producto t1	Incremento Permanente del Producto	Valor Presente de la Ganancia % PIB	Valor Presente de la Pérdida % PIB	Resultado Neto % PIB
	TBP Real Promedio Período 2013-2018	TBP Real Final Período 2018	Período con Inflación Mayor 12% (1951-2013)	2013-2018+ Incremento	Literatura/ Teoría	$\int^{2013} e^{\beta t} (y^*_{t-1} - y_t) dt$	Calculado Según Enfoque de Lucas	
2013- 2018 (Inflación 4%)	4,50	6,00	3,65	4,63	0,80	0,29	0,28	0,02
	Tasa de Descuento en el Tiempo t0-t1	Tasa de Descuento en el Tiempo t1	Tasa Promedio de Crecimiento del Producto t0-t1	Tasa Promedio de Crecimiento del Producto t1	Incremento Permanente del Producto	Valor Presente de la Ganancia % PIB	Valor Presente de la Pérdida % PIB	Resultado Neto % PIB
	TBP Real Promedio Período 2013-2018	TBP Real Final Período 2018	Período con Inflación Mayor 12% (1951-20013)	2013-2018+ Incremento	Literatura/ Teoría	$\int^{2013} e^{\beta t} (y^*_{t-1} - y_t) dt$	Calculado Según Enfoque de Lucas	
2013- 2018 (Inflación 3%)	4,90	6,30	3,65	4,56	0,80	0,13	0,31	-0,18

**Fuente:** Elaboración propia.

Los resultados muestran (cuadro 10) que una reducción de un punto porcentual adicional en la inflación objetivo (4%), continúa siendo beneficiosa para la sociedad (0,02% del PIB del 2013) mientras que una reducción de dos puntos porcentuales (3%) no lo sería. Sin embargo, es importante mencionar que estos beneficios estarían subestimados si el país procede con una mejora del déficit fiscal esto ya que el MMPT entre sus supuestos muestra un nivel de deuda interna pública que como proporción del PIB es creciente y por tanto asume que el gobierno tiene una necesidad creciente de financiamiento que hace que la

tasa de interés también sea creciente para el período de análisis, aún después de finalizar el período desinflacionario.

Por tanto, este factor disminuye el valor presente de los beneficios, ya que le impide a la economía acercarse al nivel de pleno empleo y aumenta la tasa de descuento de los flujos de ganancias futuras. Sin embargo, lo importante es recalcar que aun en un contexto de ausencia de sostenibilidad fiscal, se podrían esperar beneficios de reducir la inflación al 4%. Sin embargo, pretender una meta del 3% bajo estas circunstancias no generaría beneficios para la sociedad bajo las condiciones mencionadas.

## 5. Consideraciones Finales

El objetivo principal de este estudio es medir el costo para Costa Rica de reducir su tasa de inflación, para lograrlo se presentó:

1. Un ejercicio de programación dinámica para motivar al lector con ejemplos robustos sobre los efectos de la inflación sobre el bienestar y las decisiones de los agentes de la economía costarricense.
2. Se estimó el costo en bienestar, utilizando dos especificaciones de demandas por dinero y sus curvas asociadas de bienestar donde se observa que para ambas ecuaciones existe una marcada relación directa entre el costo en términos de bienestar y la tasa de interés, a mayor tasa de interés mayor es el costo en bienestar medido como fracción del ingreso. Este costo estimado econométricamente utilizando un modelo Dinámico de Mínimos Cuadrados Ordinarios (DOLS) es cercano a medio punto porcentual (0,49% con TP30 y 0,51% con TPM) del PIB del año 2008.
3. Dados estos resultados fue importante encontrar también los beneficios de la reducción observada en la tasa de inflación utilizando como instrumento la tasa de interés. Para esto se procede a utilizar una adaptación de la regla de Howitt para calcular los beneficios del proceso de desinflación. Los resultados muestran que el proceso desinflacionario vivido por Costa Rica entre el 2008 y el 2010 presenta ganancias netas esperadas en el tiempo en términos de producto mayores al 30% del PIB del año 2008.

4. Adicionalmente, se estiman las ganancias específicas observadas desde que inició el proceso y hasta finales del año 2012 y estas fueron positivas y cercanas a 0,08% del producto del año 2008. Este resultado muestra que las ganancias del proceso son en parte disfrutadas por la generación que incurrió también con el costo.
5. Finalmente, el estudio realiza dos simulaciones de casos donde las autoridades monetarias persiguen niveles de inflación futura coherentes con la inflación de los principales socios comerciales. En estos casos se concluye que es esperable observar beneficios, en los próximos 5 años, de reducir la inflación a 4% mientras que reducciones a valores menores a este nivel muestran pérdidas para este período. Todo esto bajo un escenario en que presiones de índole fiscal pueden conllevar a mayores tasas de interés y por tanto aumentos en el costo de tenencias de liquidez y reducciones en el bienestar.
6. En resumen, se muestra que los beneficios netos de reducir la inflación para el caso de Costa Rica son positivos y que si se calculan los costos y beneficios de episodios recientes (2008-2010) de reducciones en la inflación, existe una ganancia neta para el país y aún más importante para la generación actual.

Cabe mencionar que los resultados presentados en este estudio pueden continuar siendo ampliados con diferentes metodologías y escenarios, por ejemplo, adaptar la metodología presentada para la medición de los costos a la medición de las ganancias del proceso desinflacionario y así explorar la robustez de los resultados obtenidos y las simulaciones bajo un nuevo esquema, sin embargo estas tareas quedan pendientes para investigaciones futuras.

En conclusión, los resultados mencionados anteriormente deben motivar la discusión entre las autoridades monetarias sobre la conveniencia de continuar con medidas dirigidas a reducir la inflación en la economía costarricense hasta niveles que sean beneficiosos para la generación actual o bien las generaciones futuras.

## 6. Referencias bibliográficas

- Álvarez, C.** (2012). Estimación de la Razón de Sacrificio para Costa Rica. Banco Central de Costa Rica, Serie Documentos de Investigación No. 02-2012.
- Álvarez, C. y J. León.** (2012). Inflación de socios comerciales como referencia para la meta de inflación en Costa Rica. Banco Central de Costa Rica, Serie Documentos de Trabajo No. 22-2012.
- Aiyagari R.S., Braun R.A., y Z. Eckstein.** (1998). Transaction Services, Inflation, and Welfare. *Journal of Political Economy*, Vol. 106: 6, pp. 1274-1301.
- Ascari, G. y T. Ropele.** (2008). Sacrifice Ratio or Welfare Gain Ratio? Disinflation in a DSGE Monetary Model. Bank of Italy, Working Paper No. 736.
- Bailey, M.J.** (1956). The Welfare Cost of Inflationary Finance. *Journal of Political Economy*. Vol. 64, pp. 93-110.
- Ball, L.** (1993). What Determines the Sacrifice Ratios? NBER Working Paper 4306.
- Barro, R.J. y X. Sala-i-Martin** (1990). World Real Interest Rates. En O.J. Blanchard y S. Fischer, eds., *NBER Macroeconomics Annual 1990*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Blanchard, O. J. y S. Fischer.** (1989). *Lectures on Macroeconomics*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Burstein, A. y C. Hellwig.** (2008). Welfare Costs of Inflation in a Menu Cost Model. *The American Economic Review*, Vol. 98: 2, pp. 438-443.
- Cardenas, J.C. y J. Carpenter.** (2013). Risk attitudes and economic well-being in Latin America. *Journal of Development Economics*, Vol. 103(C), pp. 52-61.
- Chaverri, C.** (2011). Demanda de Dinero en Costa Rica 2000-2010. Banco Central de Costa Rica, Serie Documentos de Investigación No. 06-2011.

- Craig, B. y G. Rocheteau.** (2008). Inflation and Welfare: A Search Approach. *Journal of Money, Credit and Banking*, Vol. 40, pp. 89-120.
- Cooley, T.F. y G.D. Hansen.** (1989). The Inflation Tax in a Real Business Cycle Model. Mimeo.
- Dotsey, M. y P. Ireland.** (1996). The Welfare Cost of Inflation in General Equilibrium. *Journal of Monetary Economics*, Vol. 37, pp. 29-47.
- Fischer, S.** (1981). Towards an Understanding of the Costs of Inflation: II. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, Vol. 15, pp. 5-41.
- Friedman, M.** (1969). *The Optimum Quantity of Money and Other Essays*. Chicago, Aldine.
- Hakkio, C.S. y B. Higgins.** (1985). Costs and Benefits of Reducing Inflation. *Economic Review*, Federal Reserve Bank of Kansas City, 1985, pp. 3-15.
- Henriksen, E. y F. E. Kydland.** (2010). Endogenous money, inflation, and welfare. *Review of Economic Dynamics*, Vol. 13: 2, pp. 470–486.
- Hofstetter, M.** (2008). Disinflations in Latin America and the Caribbean: A Free Lunch? *Journal of Macroeconomics*, Vol. 30:1, pp. 327-345.
- Ireland, P.** (2009). On the Welfare Costs of Inflation and the Recent Behavior of Money and Demand. *American Economic Review*, Vol. 99:3, pp. 1040-1052.
- Lagos, R. y G. Rocheteau.** (2009). Liquidity in Asset Markets With Search Frictions. *Econometrica*, Vol. 77, pp. 403–426.
- Lagos, R. y R. Wright.** (2005). A Unified Framework for Monetary Theory and Policy Evaluation. *Journal of Political Economy*, Vol. 113, pp. 463-484.
- Lucas, R.E.** (1981). Discussions of the Fischer Paper en The Costs and Consequences of Inflation, Brunner y Meltzer eds. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*. Vol 15, pp. 43-52.
- Lucas, R.E.** (2000). Inflation and Welfare. *Econometrica*, Vol 68. No 2.

- Miranda, M. y P. Fackler.** (2002). Applied Computational Economics and Finance. Cambridge, MA: MIT Press.
- Muñoz, E. y E. Tenorio.** (2008). El Modelo Macroeconómico de Proyección Trimestral del Banco Central de Costa Rica en la Transición a la flexibilidad del Tipo de Cambio. Banco Central de Costa Rica, Serie Documentos de Investigación DIE. 08-2008-DI.
- Okano, E.** (2008). Has inflation targeting improved social welfare in practice? Applied Economics Letters, Vol. 15, pp. 23-26.
- Rocheteau, G. y R. Wright.** (2003) Inflation and Welfare in Models with Trading Frictions, en Monetary Policy in Low Inflation Economies, Ed Nosal and Dave Altig, Cambridge University Press.
- Romer, D. H** (2006). Advanced Macroeconomics. Third Edition. New York: McGraw-Hill
- Sarel, M.** (1996). Nonlinear Effects of Inflation on Economic Growth. Staff Papers - International Monetary Fund, Vol. 43, No. 1, pp. 199-215.
- Segura, C. y A. Vindas.** (2012). Estimación de la tasa de interés real neutral y la tasa natural de desempleo para la economía costarricense, Serie Documentos de Investigación No. 07-2012.
- Serletis, A. y K. Yavari.** (2005). The welfare cost of inflation in Italy. Applied Economics Letters, Vol. 12, pp. 165-168.
- Serletis, A. y K. Yavari.** (2007). The welfare cost of inflation in Europe. Applied Economics Letters, Vol. 14, pp. 111-113.
- Stock, J.H. y M.W. Watson.** (1993). A Simple Estimator of Cointegrating Vectors in Higher Order Integrated Systems. Econometrica, Vol. 61: 4, pp. 783-820.
- Thornton, D. L.** (1996). The costs and benefits of price stability: An assessment of Howitt's rule. Federal Reserve Bank of St. Louis Review, March/April.

**Wilson, B.K. y S.E. Culver.** (1999). On Measuring the Response of Real GDP Growth to Changes in Inflation Volatility. *Quarterly Journal of Business and Economics*, Vol. 38, No. 4, pp. 3-15.

**Zhang, L.** (2005). Sacrifice ratios with long-lived effects. *International Finance*, Vol. 8, pp. 231-262.

## 7. Anexos

### 7.1 Anexo 1: Metodología de Solución del Modelo de Efectos de la Inflación

El agente inicia cada período  $t$  con un nivel predeterminado de riqueza  $s_t$ . Asigna entonces un monto  $x_t$  a ahorro, una cantidad  $y_t$  a tenencias de liquidez, y consume la riqueza restante ( $c_t = s_t - x_t - y_t$ ), obteniendo una utilidad de consumo  $U(s_t - x_t - y_t)$ . La riqueza  $s_{t+1}$ , al inicio del periodo  $t + 1$ , es determinada por los totales ahorrados y asignados a liquidez en el período anterior,  $t$ , el rendimiento de ambos y un choque aleatorio ( $\varepsilon$ ) específico a cada uno de estos flujos.

$$s_{t+1} = \gamma[(1 + \varepsilon_{xt})x_t] + \varphi[(1 + \varepsilon_{yt})y_t] \quad (14)$$

La función  $s_{t+1}$  contiene las funciones de rendimiento de los ahorros y la liquidez a las que se enfrenta el agente, por esto se denomina la función de transición de la riqueza. Estos retornos son afectados por los choques  $\varepsilon_{xt}$  y  $\varepsilon_{yt}$  que son exógenos, aleatorios y que son revelados hasta después de que se ha decidido sobre los montos de ahorro y liquidez. Adicionalmente, los rendimientos de los activos financieros están definidos por dos tasas diferentes de retorno, para el ahorro  $\gamma$  representa la tasa de interés más el principal recibido al final de cada período y para la liquidez  $\varphi$  representa la dilución (pérdida de valor) neta por efecto de la inflación, medido como el valor del índice de precios al consumidor (IPC) del período anterior dividido por el IPC del período actual.

Para terminar de especificar el modelo se buscan formas funcionales que ayuden a que sea analíticamente fácil de manejar y cercano a la realidad nacional. Por esta razón se suponen formas específicas para la función de utilidad, la distribución de los choques y la función de transición.

Por tanto, las preferencias seleccionadas para el agente exhiben aversión relativa al riesgo constante, esto es útil y de uso generalizado en la literatura ya que asegura que el consumo es siempre positivo, nunca es óptimo no consumir. Esta característica es particularmente importante cuando se modelan decisiones de ahorro, ya que previene que se den

soluciones donde el agente ahorre toda su riqueza y “muera de hambre”. Además, este tipo de preferencias presenta elasticidad de sustitución inter temporal constante (iso elasticidad), donde ante un cambio en el nivel de riqueza se mantiene una fracción constante de recursos en el tiempo en el activo riesgoso, por tanto en una asignación eficiente el agente mantiene una actitud constante hacia el riesgo.

Como se mencionó anteriormente, los rendimientos de los activos financieros están definidos por dos tasas diferentes de retorno, para el ahorro y representa la tasa de interés más el principal recibido al final de cada período y para la liquidez  $\phi$  representa la dilución (pérdida de valor) neta por efecto de la inflación. Finalmente, estos factores son afectados por choques aleatorios independientes, distribuidos normalmente con media cero y desviación estándar determinada por la volatilidad de los valores observados para las variables de tasa pasiva de interés e inflación para el período 2008-2012 (período de análisis de este documento).

Dadas estas especificaciones el objetivo del agente es maximizar la utilidad esperada derivada del consumo descontada a una tasa fija por período igual a  $\delta$ , para un horizonte infinito. Este problema de decisión dinámico estocástico puede ser caracterizado por la siguiente ecuación de Bellman:

$$V(s) = \text{Max}_{0 \leq x, y} \left\{ \frac{(s - x - y)^{1-\tau}}{1-\tau} + \delta E_{\varepsilon_x \varepsilon_y} V[\gamma((1 + \varepsilon_x)x) + \phi((1 + \varepsilon_y)y)] \right\} \quad (15)$$

Esta ecuación muestra una variable de estado  $s$ , el nivel de riqueza al inicio del periodo, y dos variables de acción  $x$  y  $y$ , los montos asignados a ahorro y liquidez respectivamente, donde  $V$  representa la función de valor del agente, y por tanto representa el valor presente de la utilidad recibida por el agente.

Este enfoque de una ecuación de Bellman es especialmente útil ya que captura el problema dinámico esencial enfrentado por un agente que se preocupa por el futuro y que optimiza sus decisiones de balancear satisfacción inmediata contra satisfacción futura. En general, las soluciones para una ecuación de Bellman siguen el principio de optimalidad. Una política óptima tiene la propiedad de que sin importar el estado y las decisiones iniciales, las acciones tomadas a partir de esta constituyen una política óptima. La solución

a la ecuación de Bellman basada en métodos numéricos proveerá de las políticas óptimas en términos de ahorro y liquidez en el estado estacionario.

Las ecuaciones de Bellman al ser ecuaciones funcionales<sup>15</sup> no lineales en la mayoría de los casos carecen de una solución explícita (cerrada), sin embargo utilizando métodos numéricos se puede obtener una solución con un alto grado de precisión, específicamente utilizando el método de colocación para aproximar la función de valor de Bellman desconocida (Miranda and Fackler, 2002).

El método de colocación implica aproximar la función de valor de Bellman desconocida,  $V$ , utilizando una combinación lineal de  $n$  funciones base  $\phi_j$ , cuyos coeficientes  $c_j$  deben ser determinados siguiendo que:

$$V(s) \approx \sum_{j=1}^n c_j \phi_j(s) \quad (16)$$

Los coeficientes de las funciones base se fijan requiriendo que la aproximación satisfaga la ecuación de Bellman en  $n$  nodos de colocación  $s_i$  seleccionados arbitrariamente para que:

$$\sum_{j=1}^n c_j \phi_j(s_i) = \text{Max}_{0 \leq x, y} \left\{ \frac{(s_i - x - y)^{1-\tau}}{1-\tau} + \delta E_{\varepsilon_x \varepsilon_y} \sum_{j=1}^n c_j \phi_j(s_i) [\gamma((1 + \varepsilon_x)x) + \varphi((1 + \varepsilon_y)y)] \right\} \quad (17)$$

Esta ecuación, conocida como la ecuación de colocación, es una ecuación no lineal con  $n$  incógnitas, los coeficientes  $c_j$ , que puede ser resuelta utilizando el método de Newton. Este método se basa en el principio de linearización sucesiva, es decir reemplazar un problema no lineal con una secuencia de problemas lineales de búsqueda de raíces cuya solución converge a la solución del problema no lineal original. En el método de colocación se utilizan funciones base polinomiales de Chebychev ya que proveen soluciones más exactas y estables.

La precisión de la solución numérica generada por el método de la colocación puede ser evaluada resolviendo la función residual:

---

<sup>15</sup> Ecuaciones donde parte de las incógnitas son a su vez una función.

$$R(s) = \sum_{j=1}^n c_j \phi_j(s_i) - \text{Max}_{0 \leq x, y} \left\{ \frac{(s_i - x - y)^{1-\tau}}{1-\tau} + \delta E_{\varepsilon_x \varepsilon_y} \sum_{j=1}^n c_j \phi_j(s_i) [\gamma((1 + \varepsilon_x)x) + \varphi((1 + \varepsilon_y)y)] \right\} \quad (18)$$

Una vez que se deriva la política óptima, se utilizan métodos de Monte Carlo para simular las decisiones de ahorro y liquidez del agente a lo largo del tiempo con diferentes supuestos para los niveles de volatilidad de los ahorros y de la inflación, la tasa de interés de los ahorros y los niveles de inflación.

## 7.2 Anexo 2: Resultados Simulaciones Modelo Inflación

**Cuadro 11. Estado Estacionario Inicial-Teórico**

Parámetro	Nombre	Valor Teórico
tau ( $\tau$ )	Aversión al Riesgo	2
$\varepsilon_x$	Choques no Esperados Tasa Int.	N $\sim(0;0,00)$
$\varepsilon_y$	Inflación no Anticipada	N $\sim(0;0,00)$
phi ( $\varphi$ )	Efecto Inflación	1,00
gamma ( $\gamma$ )	Rendimiento Ahorros	1,00
delta ( $\delta$ )	Descuento en el tiempo	0,97

Variables	Resultados
Utilidad (V(s))	62 060
Ahorro Financiero (x)	28 777
Tenencias de Dinero (y)	28 777

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 12. Estado Estacionario con Volatilidades Diferentes**

Parámetro	Nombre	Simulación 1
tau ( $\tau$ )	Aversión al Riesgo	2
$\varepsilon x$	Choques no Esperados Tasa Int.	$N \sim(0;0,018)$
$\varepsilon y$	Inflación no Anticipada	$N \sim(0;0,035)$
phi ( $\varphi$ )	Efecto Inflación	1,00
gamma ( $\gamma$ )	Rendimiento Ahorros	1,00
delta ( $\delta$ )	Descuento en el tiempo	0,97

Variables	Resultados
Utilidad (V(s))	62 060
Ahorro Financiero (x)	32 376
Tenencias de Dinero (y)	20 944

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 13. Estado Estacionario con Rendimientos Positivos para Ahorros**

Parámetro	Nombre	Simulación 2
tau ( $\tau$ )	Aversión al Riesgo	2
$\varepsilon x$	Choques no Esperados Tasa Int.	$N \sim(0;0,018)$
$\varepsilon y$	Inflación no Anticipada	$N \sim(0;0,035)$
phi ( $\varphi$ )	Efecto Inflación	1,00
gamma ( $\gamma$ )	Rendimiento Ahorros	1,06
delta ( $\delta$ )	Descuento en el tiempo	0,97

Variables	Resultados
Utilidad (V(s))	62 060
Ahorro Financiero (x)	44 379
Tenencias de Dinero (y)	7 956

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 14. Estados Estacionarios para Escenarios de Inflación 5% y 11%**

Parámetro	Nombre	Simulación 3	Simulación 4
$\varepsilon_x$	Choques no Esperados Tasa Int.	$N \sim(0;0,018)$	$N \sim(0;0,018)$
$\varepsilon_y$	Inflación no Anticipada	$N \sim(0;0,035)$	$N \sim(0;0,035)$
gamma ( $\gamma$ )	Rendimiento Ahorros	1,06	1,06
phi ( $\varphi$ )	Efecto Inflación	0,95	0,90

Variables	Inflación 5%	Inflación 11%
Utilidad (V)	34 654	31 690
Ahorro Financiero (x)	28 777	28 777
Tenencias de Dinero (y)	3 324	602

Fuente: Elaboración propia.

### 7.3 Anexo 3: Derivación Funciones de Bienestar

Para encontrar las funciones de bienestar,  $w(R)$ , correspondientes para cada demanda se procede a integrar el área bajo la inversa de la función de demanda, desde una tasa de interés igual a cero hasta una tasa  $R$  definida para el análisis.

$$w(R) = \int_{m(R)}^{m(0)} \Psi(x) dx \quad (14)$$

La ecuación (14) también puede ser definida como,

$$w(R) = \int_0^R m(x) dx - Rm(R) \quad (15)$$

Retomando la ecuación (3) de la sección 4.1 del estudio,

$$m(R) = Be^{-\xi R} \quad (16)$$

Tomando la integral de la función como en el caso de la ecuación (15) se tiene que la función de bienestar para la ecuación anterior puede ser encontrada con,

$$w(R) = \int_0^R B e^{-\xi R} dR - R B e^{-\xi R} \quad (17)$$

$$w(R) = -\frac{B}{\xi} e^{-\xi * R} + \frac{B}{\xi} e^{-\xi * 0} - R B e^{-\xi R} \quad (18)$$

$$w(R) = \frac{B}{\xi} - \frac{B}{\xi} e^{-\xi * R} - R B e^{-\xi R} \quad (19)$$

Simplificando se obtiene,

$$w(R) = \frac{B}{\xi} \left[ 1 - \left( 1 + \xi R \right) e^{-\xi R} \right] \quad (20)$$

Donde (20) es igual a la ecuación (6) de la sección 4.1-

La segunda demanda de dinero es representada por la siguiente ecuación que es igual a la ecuación (4) del estudio,

$$m(R) = A R^{-\eta} \quad (21)$$

Si de nuevo se toma la integral como es sugerido por la ecuación (15),

$$w(R) = \int_0^R A R^{-\eta} dR - R A R^{-\eta} \quad (22)$$

$$w(R) = \frac{A * R^{1-\eta}}{1-\eta} - \frac{A * 0^{1-\eta}}{1-\eta} - R A R^{-\eta} \quad (23)$$

$$w(R) = \frac{A}{1-\eta} R^{1-\eta} - AR^{1-\eta} \quad (24)$$

$$w(R) = A \left( \frac{1}{1-\eta} - 1 \right) R^{1-\eta} \quad (25)$$

Simplificando (25) se obtiene la siguiente ecuación que es igual a la ecuación (7) de la sección 4.1,

$$w(R) = A \left( \frac{\eta}{1-\eta} \right) R^{1-\eta} \quad (26)$$

## 7.4 Anexo 4: Sensibilización Ganancias

**Cuadro 12. Resultado Neto Proceso Desinflacionario**

Utilizando Diferentes Escenarios de Ganancias

	Referencia	Supuesto	Observado	Supuesto	Supuesto	Calculado	Calculado	Calculado
	Tasa de Descuento en el Tiempo t0-t1	Tasa de Descuento en el Tiempo t1	Tasa Promedio de Crecimiento del Producto t0-t1	Tasa Promedio de Crecimiento del Producto t1	Incremento Permanente del Producto	Valor Presente de la Ganancia % PIB	Valor Presente de la Pérdida % PIB	Resultado Neto % PIB
	Tasa Int Observada Periodo Inflacionario	Tasa Real Neutral	Período con Inflación Mayor 12% (1951-2007)	Producto Potencial	Literatura	$\int^T e^{\beta t} (y_t^* - y_t) dt$	Calculado Según Enfoque de Lucas	
Escenario Base	5.6	2.2	3.7	4.4	1.7	31.59	0.50	31.09
Menor Crecimiento	5.6	2.2	3.7	4.0	1.7	15.76	0.50	15.26
Menor Crecimiento	5.63	2.2	3.7	3.7	1.7	7.42	0.50	6.92
Menor Crecimiento	5.63	2.2	3.7	3.3	1.7	0.00	0.50	-0.50
Menor Incremento	5.6	2.2	3.7	4.4	1.0	28.43	0.50	27.93
Menor Incremento	5.6	2.2	3.7	4.4	0.5	26.17	0.50	25.67
Sin Incremento	5.6	2.2	3.7	4.4	0.0	23.92	0.50	23.42
No Crecimiento y No Incremento	5.6	2.2	3.7	3.7	0.0	0.00	0.50	-0.50