

# MPRA

Munich Personal RePEc Archive

## **60 years of productivity: Approaches to its estimation in Nicaragua**

Angulo, Laura and Godínez, Raúl and López, Axsell

Universidad Nacional de Ingeniería

24 December 2020

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/104943/>  
MPRA Paper No. 104943, posted 26 Dec 2020 13:14 UTC

# 60 años de productividad: Enfoques para su estimación en Nicaragua<sup>\*</sup>

Laura Angulo, Raúl Godínez & Axsell López

24 de diciembre de 2020

## Resumen

La presente investigación aborda la estimación de la productividad total de los factores para Nicaragua a lo largo del periodo 1960-2019 por medio de tres métodos: residuo de Solow, método de sustitución directa e índice de Malmquist. Con base a los resultados obtenidos, se concluye que el método de sustitución directa es más favorable en series largas para la economía nicaragüense dada su particular evolución histórica y que el aporte de la productividad al crecimiento económico fue en promedio un 18 %.

## Abstract

This research addresses the estimation of total factor productivity for Nicaragua throughout the period 1960-2019 by means of three methods: Solow residual, direct substitution method, and Malmquist index. Based on the results obtained, it is concluded that the direct substitution method is more favorable in long series for the Nicaraguan economy given its particular historical evolution and that the contribution of productivity to economic growth averaged 18 %.

**Palabras claves:** Nicaragua, productividad, residuo de Solow, índice de Malmquist, sustitución directa.

**Código JEL:** C22,E13, E23, 040.

---

<sup>\*</sup>Los autores son estudiantes del último año de Ingeniería en Economía y Negocios en la Universidad Nacional de Ingeniería. Para comentarios comunicarse a los correos: [Laura.Angulo843@std.uni.edu.ni](mailto:Laura.Angulo843@std.uni.edu.ni) o [Raul.Godinez327@std.uni.edu.ni](mailto:Raul.Godinez327@std.uni.edu.ni), El contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad de sus autores.

# 1. Introducción

A lo largo de los años, la economía nicaraguense ha alternado su crecimiento económico entre altas y bajas. En la literatura existen múltiples enfoques para medir los determinantes del crecimiento, entre ellos, la contabilidad del crecimiento. La contabilidad del crecimiento descrita por Solow (1957) define que gran parte del crecimiento económico se debe al uso eficiente de los factores productivos, también conocido como productividad.

La productividad es la relación entre la cantidad de bienes producidos y los recursos utilizados para producirlos. En sí, es una medida de cuántos bienes y servicios se producen con cierto número de factores productivos, como los clásicos trabajo y capital (Sala-i Martin, 2000). De esta forma, se puede medir la productividad de una empresa, un sector o un país.

Un aumento en la productividad significa que se pueden producir más bienes y servicios con los mismos recursos, algo que ha sido señalado como motor principal del crecimiento económico (Solow, 1957). Además, una mayor productividad del capital aumenta los incentivos para invertir, aumentando así la demanda de trabajo, que a su vez tiende a elevar los salarios.

Un país más productivo no sólo crece más, sino que también lo empuja a ser más equitativo, pues tiene mejores condiciones laborales para los trabajadores. Por eso es que se argumenta que un aumento de la productividad suele conducir a un mayor bienestar para los ciudadanos, a través de mayor acceso a bienes y servicios o por medio de la posibilidad de gozar de más tiempo libre.

En tal sentido, conociendo la relevancia que tiene la productividad para la evolución económica de un país, cobra suma importancia la puesta en marcha de diversos métodos e instrumentos de seguimiento. La forma más común de hacerlo es por medio de la Productividad Total de los Factores (PTF).

La PTF es un indicador que expresa el aporte que hace el uso eficiente de los factores productivos (capital y trabajo) a la economía Sala-i Martin (2000). Sus resultados constituyen un indicador importante que brinda insumos para la toma de decisiones de los agentes económicos respecto a la adquisición, disposición y combinación efectiva de dichos factores.

Nicaragua actualmente no cuenta con una base de datos oficial de productividad, por lo que, este vacío sobre el análisis de la PTF motivó la realización del presente estudio, cuyos objetivos se exponen a continuación:

- Estimar la productividad total de los factores de Nicaragua por medio del residuo de Solow, el método de sustitución directa y el índice de Malmquist para el periodo 1960-2019.
- Contrastar los resultados de las tres alternativas presentadas, exponiendo sus fortalezas y debilidades.
- Brindar información necesaria para la elección del método óptimo de seguimiento a la PTF, como herramienta para la formulación de políticas que impulsen la economía del país.

## 2. Revisión de literatura

En la literatura económica, la productividad destaca como uno de los determinantes del crecimiento económico. Caselli (2005) plantea que las diferencias entre países pobres y ricos se debe a factores de producción y eficiencia<sup>1</sup>. Este componente de eficiencia en el uso de los factores, mejor conocido en la literatura como Productividad Total de los Factores (PTF)<sup>2</sup>, ha sido gran objeto de estudio desde los descubrimientos de Solow en 1957.

Si bien los factores de producción son observables, no es así cuando se habla de medición de productividad. Uno de los métodos más usado en la literatura es el propuesto por Solow (1957), que consiste en descomponer el crecimiento económico a partir de la contribución de los factores primarios de producción, capital y trabajo, junto a la productividad de dichos factores. La medición de este último componente se realiza por residuo, de ahí su nombre de *residuo de Solow*. Citando a (Abramovitz, 1993), el residuo de Solow representa una medida de nuestra ignorancia en el proceso de crecimiento económico.

De acuerdo a Severgnini (2009), el residuo de Solow ha tenido gran aceptación por su simplicidad; sin embargo, a pesar de esta aceptación, no ha sido evaluada la calidad de esta herramienta de medición. El autor plantea que el residuo presenta severos problemas de medición, heredados de los errores de estimación del stock de capital. Esta afirmación ya había sido abordada por Caselli (2005) quien menciona que la estimación del stock de capital es más sensible a la estimación inicial en los países pobres, donde problemas como la sobreestimación de las existencias de capital sesgará hacia abajo los resultados de la PTF.

Burda (2014) demuestran que el problema del stock de capital se debe a que este no es observable en la práctica; y que, al ser una estimación, está sujeta a errores de medición resultantes de la medición de la inversión, la elección de tasas de depreciación, obsolescencia y desmantelamiento de capital en periodos posteriores, etc.

En tal sentido, los autores destacan la existencia de un vacío en la literatura, donde la mala medición del capital es un problema en el cálculo de la PTF, especialmente para los países en desarrollo y en transición. Ellos mismos proponen dos métodos alternos para la medición del PTF que implican la eliminación del stock de capital en el cálculo. Uno de estos métodos enfocado a países que están en desarrollo, y que no se encuentran en su estado estacionario (Burda, 2014).

En Nicaragua, los estudios de PTF son escasos, generalmente se les suele abordar como un complemento de otros temas. No obstante, en los estudios realizados, el cálculo de la productividad es abordado desde el enfoque de Solow; uno de los estudios es el de Gago (2005). Este autor plantea algunas de las debilidades que presentan los métodos convencionales, como no ajustar el stock de capital a los diferentes eventos que ocasionaron pérdida de stock de capital en la economía Nicaragüense.

Gago (2005) subraya la necesidad de utilizar nuevos métodos de estimación, mejorar las estimaciones por métodos convencionales y realizar la construcción de un índice de productividad.

---

<sup>1</sup>El autor usa el término eficiencia y PTF de manera indistinta. Ver Caselli (2005), pág. 5.

<sup>2</sup>También se suele usar por sus siglas en inglés (TFP)

### 3. Datos

Como se mencionó anteriormente, los factores o variables clásicas utilizadas en los estudios son, capital y trabajo. Variables que necesitaron de un tratamiento o de su estimación, previo a ser utilizadas para el cálculo de la PTF.

#### 3.1. Insumo Laboral

Los datos factor trabajo o insumo laboral, cuyo factor se define como la población ocupada (empleada) en la economía, recibió un tratamiento para completar la serie, dado que los datos del BCN están incompletos en algunos periodos de la serie 1960-2019, esta se completó haciendo uso de la base de datos de la OIT y de ecuaciones de medición de empleo.

Como solo se dispone de información de ocupados para 1963, se hizo el supuesto de que la población ocupada, al ser un subconjunto de la PEA, el ratio entre estos permaneció constante para los años de los que no hay datos. Además, se sabe que, para la década de 1960, Nicaragua gozaba de estabilidad económica (CEPAL, 1981), lo que refuerza el supuesto planteado.

Haciendo uso de las ecuaciones de medición del empleo, la cantidad de ocupados es:

$$ocupados = \frac{PEA}{población} * \%ocupados \quad (1)$$

La misma metodología se utilizó en el periodo 1971-1980. Por último, los años faltantes, como 2001-2002 y 2015-2019, se completaron con los datos publicados por la OIT.

#### 3.2. Estimación del stock de capital

El segundo factor utilizado es el capital o stock de capital, el cual, se define como los activos producidos utilizados por más de un año en la producción de bienes y servicios por parte de establecimientos y unidades institucionales (OCDE, 2009).

Ya que el stock de capital no es observable en la práctica, este se estima como una función de los gastos de inversión anteriores más una estimación de una condición inicial desconocida<sup>3</sup>. Por tanto, se suelen utilizar métodos indirectos, siendo el más común y recomendado por la (OCDE, 2009), el método de inventario perpetuo (MIP).

La ecuación del MIP se define como:

$$K_t = (1 - \delta_t)K_{t-1} + I_t \quad (2)$$

---

<sup>3</sup>Ver Burda y Severginini, 2014.

La OCDE (2009) sugiere tener en cuenta lo siguiente:

En el contexto de los datos anuales, es importante que las fórmulas para el cálculo de las diferentes variables reflejan ciertas convenciones de las cuentas nacionales. Por ejemplo, el último año de inversión que entra en el stock neto a principio del año  $t$ , es la inversión que tuvo lugar durante el periodo  $t-1$ , y la cual será en promedio a la mitad del año por el inicio del año  $t$ . (pág. 104)

Entonces, la ecuación sugerida por la OCDE es:

$$K_t = (1 - \delta_t) K_{t-1} + I_t \left(1 - \frac{\delta_t}{2}\right) \quad (3)$$

donde  $K_t$  es el stock de capital del periodo  $t$ ;  $\delta_t$  es la tasa de depreciación para el periodo  $t$ ; y  $I_t$  es la serie de inversión, obtenida de las bases de datos del Banco Mundial. La elección de dos de estos componentes es esencial para obtener estimaciones robustas: la condición inicial del MIP y las tasas de depreciación<sup>4</sup>.

Para la estimación de la condición inicial, se utilizó la metodología propuesta por Reinsdorf (2005), expresada como:

$$K_0 = I \left(\frac{1 + g}{g + \delta}\right) \quad (4)$$

donde  $\delta$  es la tasa de depreciación sin ajuste, considerando que en los primeros 10 años de estudio no existen eventos fuera de orden. La tasa de crecimiento de la inversión ( $g$ ) es la tasa de crecimiento promedio<sup>5</sup> de la inversión.

Una vez obtenida las variables, se procedió a estimar el grado de participación de estas en la economía.

### 3.3. Estimación de la participación de las variables

Para la estimación de la participación del capital y del trabajo, se utilizó el Sistema de Cuentas Nacionales 2008 (SCN, 2008)<sup>6</sup>. En la cuenta de generación del ingreso, se encuentran las remuneraciones de los asalariados y el excedente de explotación que corresponden al pago de la mano de obra y uso de capital respectivamente. Asimismo, el cálculo del PIB por el enfoque del ingreso está dado por la fórmula (5):

$$PIB = R + I + EE \quad (5)$$

donde PIB es el producto interno bruto; R son las remuneraciones a los asalariados; I, los Impuestos; y EE es el excedente de explotación. Al despejar el excedente de explotación

---

<sup>4</sup>Para ver con más detalles sobre la elección de tasas de depreciación ver Apéndice A.

<sup>5</sup>Como a lo largo de la serie ocurrieron eventos extraordinarios, se decidió solo tomar el promedio de los 10 primeros años, de 1960 a 1969, años de estabilidad económica en Nicaragua.

<sup>6</sup>Ver Barroso (2016).

(EE) de la ecuación (5), se obtiene

$$EE = PIB - R - I \quad (6)$$

El ingreso mixto (IM) se puede emplear como sustituto del excedente de explotación, puesto que ambas son saldo de la cuenta de generación del ingreso. Su principal diferencia radica en que el excedente de explotación tiene registros contables de las transacciones en el proceso productivo. Es decir que el ingreso mixto incluye tanto pago por uso de capital como de remuneraciones, al no poder distinguir ambos componentes.

Teniendo en cuenta estas definiciones, Gollin (2002) brinda tres enfoques para calcular la participación laboral en dependencia del tratamiento que se le dé al excedente de explotación. El primer enfoque o ajuste es tratar el ingreso mixto como remuneraciones a los asalariados:

$$1 - \alpha = \frac{R + IM}{PIB - I} \quad (7)$$

El segundo ajuste supone tratar al ingreso mixto como la misma combinación de trabajo y capital que el resto de la economía:

$$1 - \alpha = \frac{R}{PIB - I - IM} \quad (8)$$

Según (Gollin, 2002), este enfoque equivale a decir que las remuneraciones a los asalariados son iguales tanto para las grandes empresas como las empresas pequeñas, por lo que una forma alternativa sería simplemente usar las remuneraciones de las grandes empresas que se encuentran en el sector formal, pero esto acarrearía diversos problemas.

El tercer ajuste se centra en imputar las remuneraciones de los trabajadores por cuenta propia como remuneraciones medias a los asalariados:

$$1 - \alpha = \left[ \frac{R}{ocupados} \times PEA \right] / PIB \quad (9)$$

La ventaja de este método es el ser una buena aproximación cuando las diferencias salariales entre asalariados y cuenta propia no es significativa (Gollin, 2002).

## 4. Metodología

En la mayoría de la literatura se suele utilizar el método del residuo de Solow que, en su forma estándar, presenta deficiencias heredadas de la estimación del stock de capital, las cuales pueden ser disminuidas con mejores estimaciones del stock de capital. Sin embargo, hoy en día no es la única opción para medir la PTF; por tanto, en este estudio se utilizaron tres enfoques para la medición de la productividad: el residuo de Solow, el método de sustitución directa y, por último, el índice de Malmquist.

## 4.1. Residuo de Solow

La metodología propuesta por Solow (1957) parte de la función de producción Cobb-Douglas, el residuo de Solow se define como:

$$\frac{\Delta A_t}{A_{t-1}} = \frac{\Delta Y_t}{Y_{t-1}} - \alpha \frac{\Delta K_t}{K_{t-1}} - (1 - \alpha) \frac{\Delta L_t}{L_{t-1}} \quad (10)$$

donde Y es el nivel de producción; A es la productividad total de los factores; K es el stock de capital; y L, trabajo.

La ecuación (10) expresa al cambio de productividad como el residuo del crecimiento económico menos el aporte de los insumos productivos, capital y trabajo.

## 4.2. Método de sustitución directa: PTF sin stock de capital

Si bien en el presente trabajo se describe cómo obtener una estimación más robusta del stock de capital, los errores de medición siguen presentes, dada la naturaleza del método. Estos problemas son demostrados por Severgnini (2009), quien, a partir de la expresión (2), deriva la ecuación del verdadero stock de capital:

$$\begin{aligned} K_{t+1} = & (1 - \delta)^{t+1} K_0 + \sum_{i=0}^t (1 - \delta)^{i+1} I_{t-1} + \left[ \prod_{i=0}^t \frac{(1 - \delta_{t-1})}{(1 - \delta)} - 1 \right] (1 - \delta)^{t+1} K_0 \dots \\ & \dots + \sum_{i=0}^t \left[ \prod_{j=0}^i \frac{(1 - \delta_{t-j})}{(1 - \delta)} - 1 \right] (1 - \delta)^{t+1} I_{t-i} \end{aligned} \quad (11)$$

El primer componente contiene errores relacionados con la valoración inicial del capital. Los componentes segundo y tercero, en su mayor parte, no son observables. Ignorados en la mayoría de las estimaciones de capital, son fuentes potenciales de mala medición que contaminan el cálculo del residuo de Solow (Burda, 2014).

Como metodología alterna al residuo de solow convencional, Severgnini (2009) propone una modificación de este. Dicha estrategia para estimar la PTF es el *método de sustitución directa*. Se diferencia una función de producción neoclásica  $Y_t = F(A_t, K_t, L_t)$  con respecto al tiempo y se inserta la ecuación de transición del capital.

$$\begin{aligned} \frac{\dot{Y}_t}{Y_t} &= F_K \frac{I_t}{Y_t} - \alpha_t \delta_t + (1 - \alpha_t) \frac{\dot{L}_t}{L_t} \\ \frac{\dot{A}_t}{A_t} &= \frac{\dot{Y}_t}{Y_t} - F_K \frac{I_t}{Y_t} + \alpha_t \delta_t - (1 - \alpha_t) \frac{\dot{L}_t}{L_t} \\ \frac{\Delta A_t}{A_{t-1}} &= \frac{\Delta Y_t}{Y_{t-1}} - k_{t-1} \frac{I_{t-1}}{Y_{t-1}} + \alpha_{t-1} \delta_{t-1} - (1 - \alpha_{t-1}) \frac{\Delta L_t}{L_{t-1}} \end{aligned} \quad (12)$$

A como se puede observar en la ecuación (12), la estimación de la PTF no depende directamente del stock de capital, y las variables en la ecuación son observables en la economía o cuentan con una mejor estimación que el stock de capital. Por último,  $k_t$  es la productividad marginal del capital o renta de capital, para la cual, al no existir datos oficiales de renta de capital, se utilizó el valor de 0.11, propuesto en (Burda, 2014).

Para obtener el aporte del capital al crecimiento económico se utilizó la siguiente expresión:

$$\alpha_{t-1} \frac{\Delta K_{t-1}}{K_{t-2}} = \frac{\Delta Y_t}{Y_{t-1}} - \frac{\Delta A_t}{A_{t-1}} - (1 - \alpha_{t-1}) \frac{\Delta L_t}{L_{t-1}} \quad (13)$$

### 4.3. Índice de Malmquist

Para la creación de un índice de productividad para Nicaragua, se utilizó un modelo no paramétrico de análisis envolvente de datos (DEA), con el cual se estimó el índice de Malmquist del crecimiento de la PTF. Este se define como:

$$M_i^{t+1} = \left[ \frac{D_i^t(\mathbf{x}_i^{t+1}, \mathbf{y}_i^{t+1})}{D_i^t(\mathbf{x}_i^t, \mathbf{y}_i^t)} \frac{D_i^{t+1}(\mathbf{x}_i^{t+1}, \mathbf{y}_i^{t+1})}{D_i^{t+1}(\mathbf{x}_i^t, \mathbf{y}_i^t)} \right]^{1/2} \quad (14)$$

Donde  $\mathbf{x}_i^t$  es el vector de inputs, que en este caso son los propuestos por el modelo de clásico de crecimiento de Solow: stock de capital (K) y trabajo (L) de la unidad  $i$ , en el periodo  $t$ . El vector de outputs contiene únicamente al PIB correspondiente a cada periodo.

Descomponiendo el índice Malmquist (Färe, 1996), se puede obtener el valor del PTF para cada año. Este se descompone en:

$$\frac{PTF_{t+1}}{PTF_t} = \frac{D_i^{t+1}(\mathbf{x}_i^{t+1}, \mathbf{y}_i^{t+1})}{D_i^t(\mathbf{x}_i^t, \mathbf{y}_i^t)} \left[ \frac{D_i^t(\mathbf{x}_i^{t+1}, \mathbf{y}_i^{t+1})}{D_i^{t+1}(\mathbf{x}_i^{t+1}, \mathbf{y}_i^{t+1})} \frac{D_i^t(\mathbf{x}_i^t, \mathbf{y}_i^t)}{D_i^{t+1}(\mathbf{x}_i^t, \mathbf{y}_i^t)} \right]^{1/2} \quad (15)$$

## 5. Resultados

A continuación se presentan los resultados derivados de las estimaciones de productividad; sin embargo, primero se muestran los resultados de la estimación de la participación de las variables, dado que en base a estas se realizaron los análisis de resultados. En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos con los enfoques mencionados en la sección 3.3, así como otras opciones usadas en la literatura.

A pesar de que el método de regresión es de los más comúnmente empleados, su resultado no es tomado en cuenta como un aporte a la investigación debido a deficiencias en su medición.<sup>7</sup>

Haciendo uso del enfoque de las cuentas nacionales, se obtuvieron coeficientes de participación para capital y trabajo más consistentes con los publicados por la Comisión

---

<sup>7</sup>Ver Apéndice B.

Económica para América Latina y el Caribe, siendo esto un aval a las cifras calculadas y al método en sí. Incluso, si se promedian los tres resultados para cada variable (Véase Tabla 1), se obtiene justamente la cifra de la CEPAL, por lo que se usaron 0.40 y 0.60 para los análisis posteriores.

**Tabla 1**

*Participación de las variables de capital y trabajo*

<b>Método</b>	<b>Capital (<math>\alpha</math>)</b>	<b>Trabajo (<math>1 - \alpha</math>)</b>
Modelo de regresión	0.527	0.473
CEPAL	0.40	0.60
Cuentas Nacionales		
<i>Enfoque 1</i>	0.35	0.65
<i>Enfoque 2</i>	0.44	0.56
<i>Enfoque 3*</i>	0.40	0.60

*\*Extraído de (Gago, 2005).*

*Nota:* Los parámetros propuestos por la CEPAL fueron extraídos de Aravena (2010)

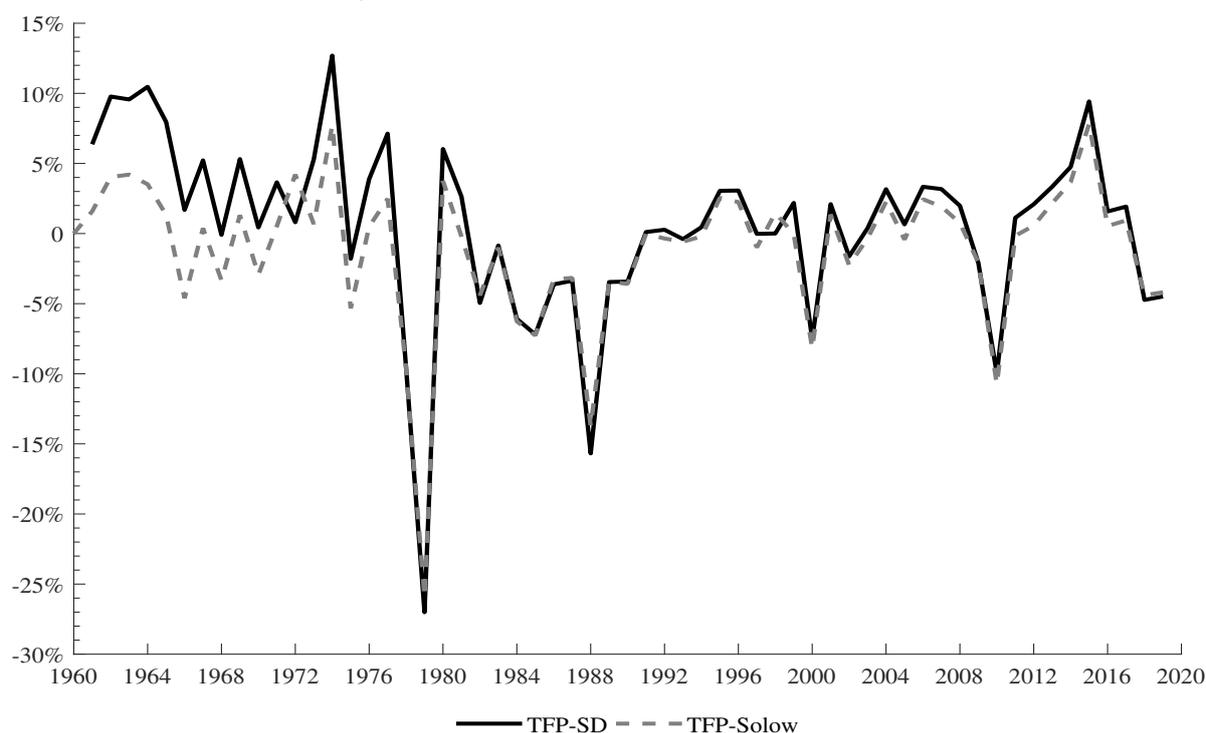
*Fuente:* Elaboración propia.

Utilizando los parámetros mencionados, la estimación de la PTF por los dos primeros métodos se muestra en el gráfico 1. La serie obtenida presenta los valores del aporte de la PTF al crecimiento económico. Al tratarse de dos métodos diferentes, primero se analizará las diferencias en sus resultados.

De manera gráfica, se puede apreciar que las diferencias entre la PTF estimada por el método de Solow y la obtenida por sustitución directa son más significativas en los años previos a la caída conjunta de los años 80. Cabe destacar que la debilidad del método de Solow está en el stock de capital, particularmente en la medición de los primeros años, por lo que es razonable que las estimaciones disten entre sí. (Véase gráfico 1)

## Gráfico 1

### Productividad total de los factores



Fuente: Elaboración propia

Las variaciones de la PTF de Nicaragua van de la mano con el contexto económico de cada periodo, como es el caso de la profunda caída a finales de los años 70 que llegó hasta un -27 por ciento, debido al derrocamiento de la dictadura somocista; o la otra sima significativa, en la segunda mitad de la década de los 80, cuando la guerra civil estaba en su punto álgido (Solá Montserrat, 2007).

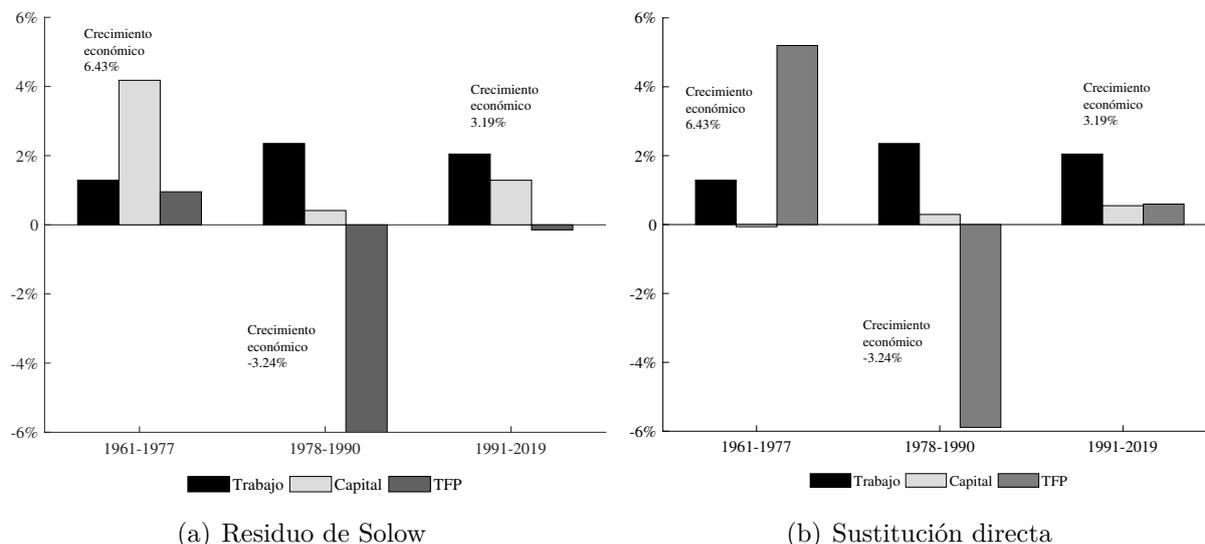
Además, al ser un país abierto al comercio exterior, también se ve expuesto a la volatilidad del mercado internacional. Esto fue lo que ocurrió alrededor de 2010, cuando los efectos rezagados de la crisis inmobiliaria golpearon el desempeño productivo nacional en los años posteriores.

Es notorio que, en la última década, la evolución de la productividad de los factores fue bastante favorable. En 2015, se logró alcanzar su máximo con un 9.4 por ciento; pero es llamativo que, a partir de ahí, su descenso fue bastante marcado, volviendo a adoptar signo negativo incluso antes de la crisis sociopolítica de 2018, momento en el que llegó a -4.5 por ciento.

A continuación, en el gráfico 2, puede apreciarse el comportamiento los factores y sus aportes al crecimiento económico.

## Gráfico 2

### Aportes al crecimiento económico (promedio)



Fuente: Elaboración propia

Para la particularidad de este artículo, la serie en estudio se dividió en subperíodos con base en los eventos ocurridos en el país a lo largo de los últimos sesenta años. Según el residuo de Solow, entre 1961 y 1977, el mayor aporte al crecimiento del PIB fue proporcionado por el factor capital; mientras que el método de sustitución directa dice que en realidad fue la PTF que contribuyó significativamente, con 5.20 por ciento, la cual a su vez fue mucho mayor a la estimación que se plantea a la izquierda. (Véase gráfico 2)

Sin embargo, lo que más llama la atención es cómo la contribución del capital varía tanto entre ambos métodos (de 4.18 a -0.06 por ciento). El aporte negativo del capital estimado por el método de SD es contrario a la racionalidad económica, pero podría haber razones posibles para que eso suceda. Por ejemplo, los sectores que usan bienes de capital menos productivos pueden haber recibido grandes asignaciones de fondos de inversión por razones políticas o sociales.

Sin embargo, también se puede dar porque la SD sí considera, hechos extraordinarios, como el terremoto de 1972 ocurrido en la capital Managua, a diferencia del método estándar. Así que, lo que en primera instancia se considera como un aumento de capital productivo, es en realidad la reconstrucción que generalmente se da después de una catástrofe de esta naturaleza.

Como el subperíodo 1978-1990 fue una época de fuerte contexto bélico a nivel nacional, es de esperarse que los resultados arrojados por ambos métodos sean similares; sin embargo, se puede observar que la caída registrada para la PTF calculada por sustitución directa fue ligeramente menor; un efecto que se puede asociar al desligamiento del método SD de los errores de medición del stock de capital mencionados previamente. Esto mismo tiene cierta influencia en la sobreestimación del aporte del capital usando el residuo de Solow, revelada al contrastar los procedimientos.

A raíz de las medidas de recuperación posguerra y el subsiguiente enfoque en el crecimiento económico del país, Nicaragua experimentó una etapa de significativo desarrollo

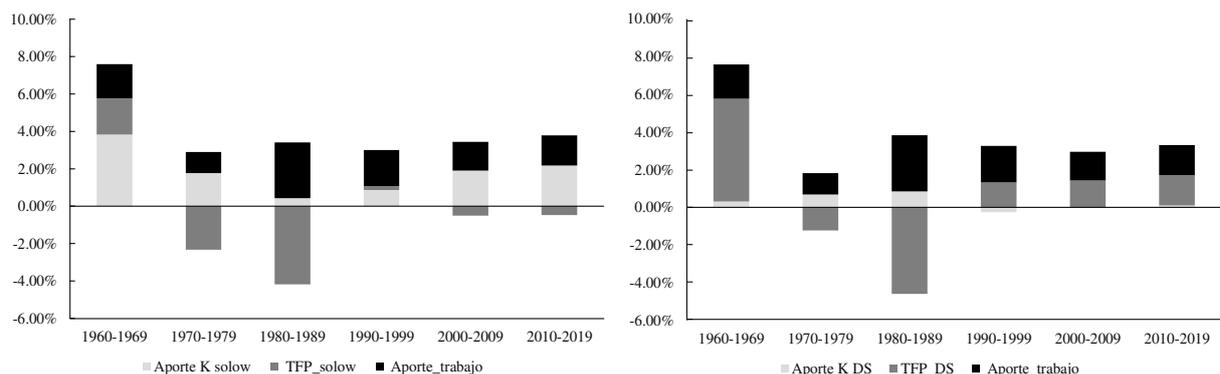
productivo. Entre 1991 y 2019, reflejado en su PIB. Sin embargo, considerando que existe una relación positiva entre el producto interno bruto de un país y la productividad total de los factores del mismo, la estimación de -0.15 por ciento que arroja el método estándar no va acorde a la mejoría del panorama económico, que tuvo un 3.24 por ciento de crecimiento promedio, hecho altamente atribuible a las deficiencias en el proceso de medición.

Por otra parte, el cálculo de la PTF por sustitución directa es más razonable para el marco macroeconómico vivenciado entre 1991-2019, con el mayor aporte proviniendo del factor trabajo y un capital bastante saneado de problemas de medición (Gráfico 2).

Si se considera el promedio del aporte de los factores productivos al crecimiento económico del país durante los últimos sesenta años, década por década, haciendo uso de dos de los métodos abordados en esta investigación, se puede llegar a diferentes conclusiones (Gráfico 3).

### Gráfico 3

*Aportes al crecimiento económico  
(promedio)*



(c) Residuo de Solow

(d) Sustitución directa

Fuente: Elaboración propia

En la década de los 60, la verdadera contribución del capital es debatible ya que entran en juego los errores de medición que el método estándar arrastra, agravados en los primeros años de la muestra en estudio. Mientras que este apunta a que el mayor aporte fue del factor capital, la SD indica que la PTF dio el mayor empuje en este subperíodo.

Tanto para los años 70 como los 80, los resultados con respecto al aporte de cada factor reflejan ciertas diferencias entre cada método, destacando que el aporte del capital podría ser sobre o subestimado si se usa el residuo de Solow. Además, la obtención de un signo negativo para la PTF en ambas estimaciones es razonable dada la inestabilidad sociopolítica del país en ese entonces.

Cuando se comparan los dos resultados para el subperíodo 1990-1999, es notorio que el papel del capital y de la PTF en el crecimiento económico vuelve a variar entre métodos. Se debe de considerar que, tras un evento anómalo como una guerra, está la posibilidad de que el capital acumulado durante esta época no haya sido del tipo más productivo, por lo que sería más acertado aceptar el segundo procedimiento.

En las primeras dos décadas de los años 2000, la estimación de Solow indica que hubo un aporte negativo por parte de la PTF al desempeño económico de Nicaragua, siendo el factor capital el que contribuyó más a este. Mientras que, mediante el método de sustitución directa se concluye que, si bien la contribución de la PTF no es tan alta como la cifra previa al conflicto bélico, su participación ha sido positiva, mejorando a medida que transcurre el tiempo y llegando hasta 1.60 por ciento.

Además, los resultados con el método de sustitución directa indican que el capital aportó negativamente en los primeros años del siglo y, aunque cierra el periodo con signo positivo, su verdadera intervención en el desarrollo económico no es tan significativa.

**Tabla 2**  
*Análisis de robustez de la PTF (Promedio 1961-2019)*

	$\alpha$			$\delta$		
	0.35	0.4	0.44	5.25	7.5	8.75
<b>Crecimiento del PIB</b>	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
<i>Contribución del trabajo</i>	2.05	1.90	1.77	1.90	1.896	1.896
<b>Residuo de Solow</b>						
<i>Contribución del capital</i>	1.69	1.93	2.12	1.93	1.865	1.839
<i>Contribución de la PTF</i>	-1.04	-1.12	-1.19	-1.12	-1.056	-1.030
<b>Sustitución directa</b>						
<i>Contribución del capital</i>	0.58	0.32	0.11	0.32	-0.484	-1.084
<i>Contribución de la PTF</i>	0.07	0.49	0.83	0.49	1.292	1.892

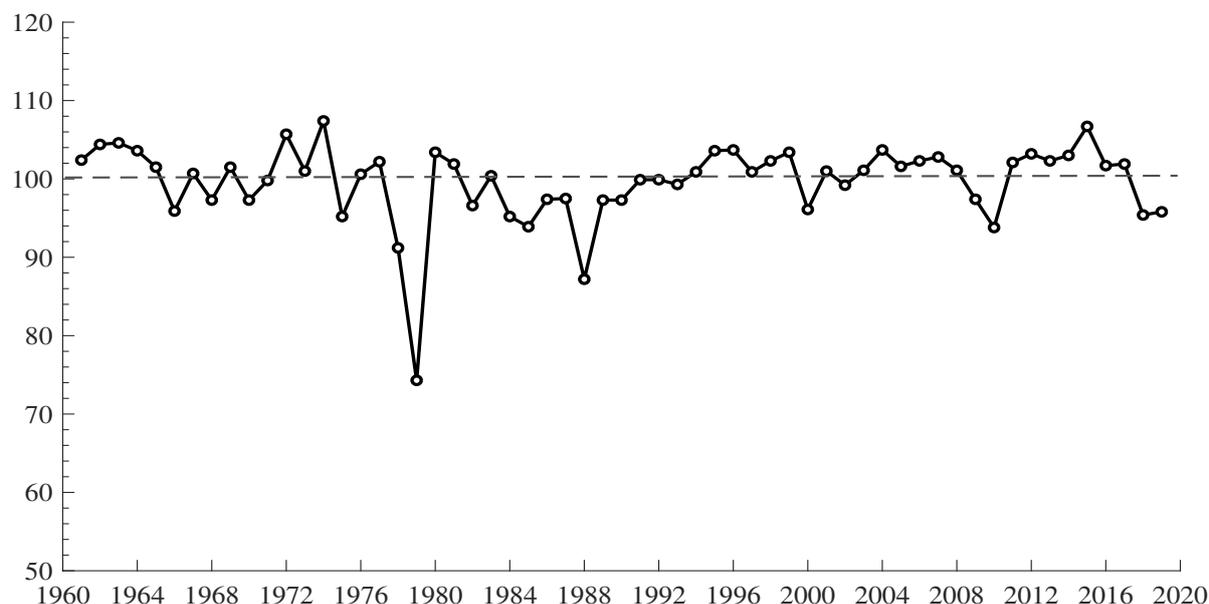
*Nota:* Las estimaciones de  $\alpha$  se realizaron con  $\delta$  igual a 5.25% y las estimaciones de  $\delta$  con  $\alpha = 0.40$

*Fuente:* Elaboración propia

Se realizó la tabla 2 con el objetivo de establecer un intervalo de confianza, donde variando  $\alpha$  la PTF según Solow aportó entre -1.19 y -1.04 por ciento a lo largo de la serie y entre 0.07 y 0.83; con SD. Cambiando  $\delta$ , Solow se encuentra entre -1.12 y -1.030, mientras que SD entre 0.49 y 1.892.

Esto significa que a pesar de la ampliación de resultados mediante intervalos, las conclusiones de cada método son las mismas. Un aporte negativo (ineficiencia) usando el método de Solow y un aporte positivo con el método de sustitución, eso sí, un aporte ubicado entre 0 y la unidad.

**Gráfico 4**  
*Índice de Malmquist*



*Nota:* El índice = 100 corresponde a la media geométrica de la serie.

*Fuente:* Elaboración propia

La evolución de la PTF mostrada es comparable en el tiempo. En general, los valores de la serie han oscilado en torno al índice base, excepto por algunos periodos específicos, en los cuales el valor del índice llegó a caer hasta un 25.70 por ciento. Como se mencionó anteriormente, la evolución de la PTF va de la mano con el contexto económico y social. Sin embargo, la estabilidad económica, en este caso, no siempre se traduce en valores positivos en el índice.

Este índice también se enfrenta a rendimientos decrecientes, como los presentados entre 1962-1966, años en el que el país ostentó en promedio un crecimiento económico de 9.25 % y, a su vez, una caída del índice.

Eventos como el terremoto de 1972 tampoco afectaron el índice en gran medida, ya que entre 1972 y 1973 estuvo 3 por ciento por encima del base. En cambio, en la década de los 80, si mostró caídas muy por debajo del índice.

Si bien la coyuntura socioeconómica (Guerra contrarrevolución) terminó a principios de los años 90, periodo en el que se proyectaba como una época de reconstrucción y progreso, el índice mejoró, pero de forma leve, con un promedio de un 1 por ciento por encima del base.

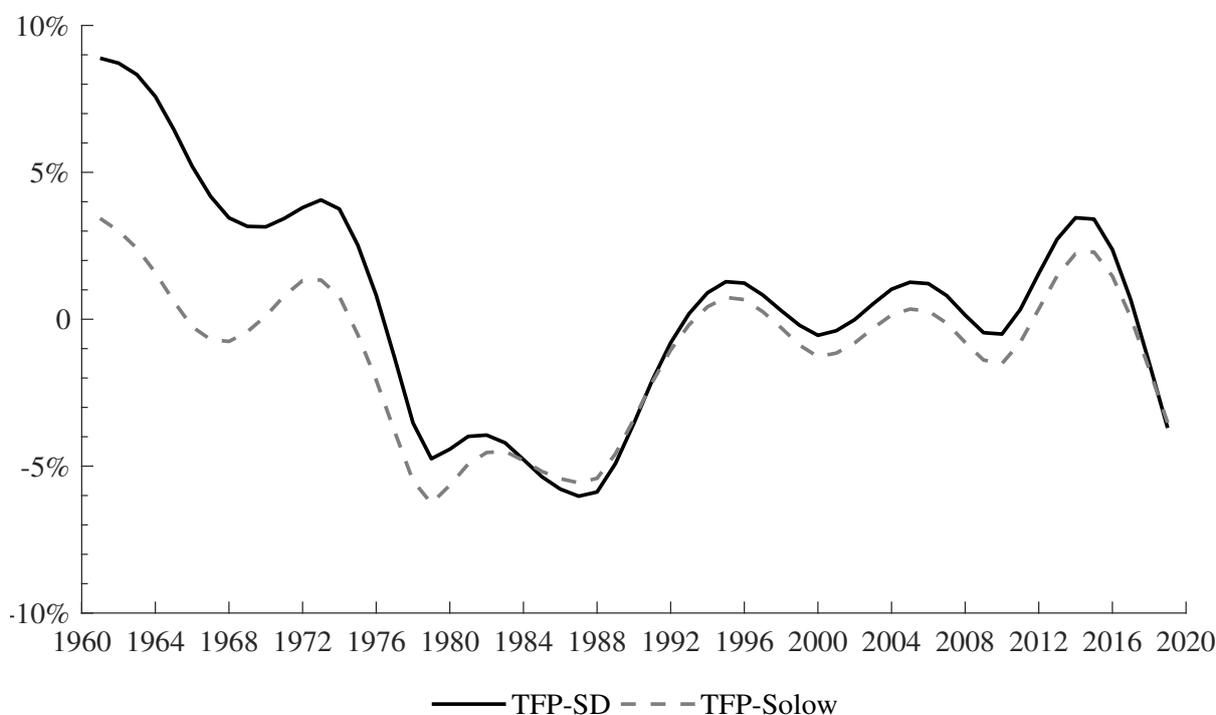
En la última década, luego de los efectos rezagados de la crisis inmobiliaria en los Estados Unidos, la PTF mostraba una tendencia creciente, alcanzando su máximo en el año 2015. Sin embargo, en 2016 este patrón cambió y desde entonces el indicador ha mostrado una tendencia a la baja.

A través de su evolución histórica, se muestra lo oscilante que es dicho índice respecto a su valor medio. Es notorio que la serie no ha mostrado décadas de auge, además que el

desempeño ha sido entre *pobre* (valores debajo de 100) y *suficiente* (valores apenas por encima de 100), con periodos de 3 a 5 años de crecimiento, seguidos de otros de descenso.

### Gráfico 5

*Productividad total de los factores  
(tendencia)*



*Nota:* Para la extracción de tendencia de ambas series, se utilizó el filtro de Hodrick Prescott (HP) con  $\lambda = 11.5$  (Mendieta, 2018).

*Fuente:* Elaboración propia

Analizando la productividad total de los factores desde el punto de vista de la tendencia (Gráfico 5), destaca el hecho de que, exceptuando la etapa en que el país estuvo sumido en un conflicto armado, el comportamiento de PTF pareciera cíclico. Muestra picos en épocas de relativa bonanza económica y simas en momentos de inestabilidad en el contexto nacional e internacional. También cabe destacar que la tendencia ha mostrado un descenso bastante pronunciado en los últimos años, el mayor desde finales de los 80, por lo que es importante que en años posteriores se dé seguimiento a la evolución de la PTF.

## 6. Conclusiones

Con base a los resultados descritos, se puede concluir que el enfoque SD es un método bastante robusto para calcular la PTF a medida que el stock de capital no sea observable o esté mal medido y la tasa de depreciación del capital varíe de un periodo a otro. Es decir que esta alternativa es preferible para el análisis de una serie a largo plazo, ya que en su metodología considera eventos extraordinarios como desastres naturales, conflictos bélicos, etc.

Debido a esta bondad, su estimación de la PTF y el aporte de los factores al crecimiento

económico nicaragüense se amolda de manera razonable al contexto de los subperíodos estudiados, destacando la baja del indicador en los últimos años, y en general, el aporte de la productividad al crecimiento económico promedio (2.70%), se ubicó entre 0.07 y 0.83 por ciento, representando menos del 30 por ciento del crecimiento. Sin embargo, es importante considerar su sensibilidad a cambios en las tasas de depreciación o en la participación por parte de los factores trabajo y capital.

El residuo de Solow es un método bien posicionado en la literatura referente a la productividad, sobre todo porque el procedimiento para su cálculo es sencillo; sin embargo, su uso se ve limitado en un país con una coyuntura económica como la de Nicaragua. Si se desea emplear para periodos con un buen grado de homogeneidad, y contando con una estimación robusta del stock de capital, el residuo de Solow se desempeña bastante bien.

Por último, el índice de Malmquist, que sirve para la comparación intertemporal y valorar si se han dado mejorías o no, refleja que la evolución de la productividad nicaragüense no ha presentado un desempeño destacable. Cabe mencionar que dicho método es una razón econométrica que sirve para modelos donde se utilicen número índices, recursos ampliamente utilizados en el campo económico.

## 7. Recomendaciones

Como principal recomendación, se propone el seguimiento de la productividad total de los factores y su inclusión dentro de las estadísticas oficiales. Para este seguimiento, en caso de no existir estimación oficial del stock de capital, se recomienda el método de sustitución directa. Por el contrario, si existe una base de datos oficial del stock de capital, utilizar el residuo de Solow, dado la sencillez de su cálculo. Por otra parte, se recomienda anexar el índice de Malmquist a las estadísticas de productividad. Por último, se propone ampliar este estudio a los diferentes sectores de la economía.

## 8. Referencias bibliográficas

- Abramovitz, M. (1993). The search for the sources of growth: areas of ignorance, old & new. *The Journal of Economic History*, 53(2):217–243.
- Aravena, C. (2010). *Estimación del crecimiento potencial de América Latina*. CEPAL.
- Azofeifa, Ana, V. M. . A. H. (1997). *Estimacion de una funcion de produccion: caso de Costa Rica*. Banco Central de Costa Rica, Division Economica, Departamento de investigación.
- Baldwin, John & Gellatly, G. . T. M. . P. r. (2005). Estimating depreciation rates for the productivity accounts. In *OECD Workshop on Productivity Measurement, Madrid Spain, October*, pages 17–19.
- Barroso, J & Gurría, A. . S. K. D. . Z. R. . B. K.-m. (2016). Sistema de cuentas nacionales 2008.

- B.C.N (1980). Informe anual 1978. Technical report, Banco Central de Nicaragua.
- B.C.N (1990). Informe anual 1990. Technical report, Banco Central de Nicaragua.
- B.C.N (2018). Informe anual 2018. Technical report, Banco Central de Nicaragua.
- Bello, O. (2007). Modelo macroeconómico de proyección de corto plazo para nicaragua. *Documentos de Trabajo*.
- Burda, Michael C y Severgnini, B. (2014). Solow residuals without capital stocks. *Journal of Development Economics*, 109:154–171.
- Burnside, Craig & Eichenbaum, M. . R. S. (1993). Labor hoarding & the business cycle. *Journal of Political Economy*, 101(2):245–273.
- Caselli, F. (2005). Accounting for cross-country income differences. *Handbook of economic growth*, 1:679–741.
- Castrillo-Rojas, Desirée & Rodríguez-Vargas, A. (2009). Procedimiento para la aplicación de pruebas de raíz unitaria. Technical report, Banco Central de Costa Rica.
- CEPAL, N. (1973). Informe sobre los daños y repercusiones del terremoto de la ciudad de managua en la economía nicaragüense.
- CEPAL, N. (1979). Nicaragua: repercusiones económicas de los acontecimientos políticos recientes= nicaragua: economic repercussions of recent political events.
- CEPAL, N. (1981). Nicaragua: el impacto de la mutación política.
- CEPAL, N. (1989). Resolución 502 (plen. 20): Daños ocasionados por el huracán joan en nicaragua= resolution 502 (plen. 20): Damage caused by hurricane joan in nicaragua= résolution 502 (plen. 20): Dommages causés par le cyclone joan au nicaragua. *En: Informe del Vigésimo Período de Sesiones del Comité Plenario-LC/Res. 502 (PLEN. 20)-1989-p. 23*.
- Cheung, Yin-Wong & Lai, K. S. (1995). Lag order & critical values of the augmented dickey–fuller test. *Journal of Business & Economic Statistics*, 13(3):277–280.
- Coeymans, Juan Eduardo & Mundlak, Y. (1992). Endogenous technology & sectoral productivity: Chile 1962–1982. *Journal of Productivity Analysis*, 3(3):257–275.
- Dickey, David A & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American statistical association*, 74(366a):427–431.
- Enders, W. (2012). Applied econometric time series. 132.
- Färe, Rolf & Grosskopf, S. . T. D. (1996). An activity analysis model of the environmental performance of firms—application to fossil-fuel-fired electric utilities. *Ecological economics*, 18(2):161–175.
- Gago, G. (2005). Cálculo de la productividad factorial total de Nicaragua: 1960-2004. Master’s thesis, Instituto Tecnológico Autónomo de México.

- Gollin, D. (2002). Getting income shares right. *Journal of political Economy*, 110(2):458–474.
- Hulten, Charles R & Wykoff, F. C. (1980). *The measurement of economic depreciation*. Citeseer.
- Mendieta, W. (2018). Estimación del parámetro de suavizamiento del filtro hp para nicaragua. Versión preliminar.
- OCDE (2009). Medición del capital.
- Peña, W. (2015). Estimación del stock de capital en el salvador. *Documentos de Trabajo*, page 4.
- Phillips, Peter CB & Perron, P. (1988a). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2):335–346.
- Phillips, Peter CB & Ouliaris, S. (1988b). Testing for cointegration using principal components methods. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 12(2-3):205–230.
- Reinsdorf, Marshall & Cover, M. (2005). Measurement of capital stocks, consumption of fixed capital, & capital services. *Report on a presentation to the Central American Ad Hoc Group on National Accounts, Santo Domingo, Dominican Republic*.
- Sala-i Martin, X. (2000). *Apuntes de crecimiento económico*. Antoni Bosch Editor.
- Schiavo, E. (s.f). El “caso nicaragua” ante la corte internacional de justicia. la especificidad de los modos de producción normativa en el derecho internacional público. *Revista de la Facultad de Derecho de México*, 60(254).
- Severgnini, B. (2009). Essays in total factor productivity measurement.
- Solá Montserrat, R. (2007). *Un siglo y medio de economía nicaragüense: las raíces del presente*. UCA, IHNCA.
- Solow, R. M. (1957). Technical change & the aggregate production function. *The review of Economics & Statistics*, pages 312–320.
- Urroz Alvarez, Antonio & Aranda de Wong Valle, M. . M. C. C. . o. (1999). El huracán mitch en nicaragua. In *Crónicas de Desastres*, number 7, pages 189–235. Organización Panamericana de la Salud. Programa de Preparativos para . . . .
- Villalobos, A. G. A., Hoffmaister, A. W., Badilla, J. M., Sánchez, M. R., Ávila, M. S., and Chaves, E. T. (1999). Inflación y brecha en la producción. *Ciencias Económicas*, 19(1-2):119–139.
- Zivot, Eric & Andrews, D. W. K. (2002). Further evidence on the great crash, the oil-price shock, & the unit-root hypothesis. *Journal of business & economic statistics*, 20(1):25–44.

# Apéndice A

## A.1 Elección de las tasas de depreciación

En gran parte de trabajos publicados, la tasa de depreciación se considera constante para todo el periodo de estimación. Sin embargo, en una investigación de Gago (2005) para Nicaragua se sugiere que:

Dado los antecedentes de la evolución económica que ha tenido Nicaragua sería conveniente, en estudios posteriores, realizar el cálculo del capital variando la tasa de depreciación para los diferentes períodos, sobre todo para el período de conflictos armados, en el cual stock de capital sufrió un deterioro importante, pues se debe tener en cuenta que el supuesto de una tasa de depreciación fija sobrestima el cálculo de los acervos de capital en situaciones de rápida obsolescencia (pág. 26).

Dicha observación es sustentada por Peña (2015), quien además recomienda un ajuste para eventos como desastres naturales ya que tienen como efecto el retiro de diferentes clases de activos. Como primer paso, se aproximó la tasa de depreciación mediante el método de (Hulten, 1980)<sup>8</sup>:

$$\delta = \frac{R}{T} \quad (16)$$

donde  $R$  es la tasa de saldo de disminución y  $T$  es la vida del activo. Se utilizó los valores encontrados por (Hulten, 1980), 1.65 para maquinaria y equipo, y 0.91 para infraestructura. Por tanto, la tasa de depreciación se eligió según la distribución del capital<sup>10</sup> recomendada.

### A.1.1 Factor de ajuste para las tasas de depreciación

Una vez definidas las tasas de depreciación para cada periodo, se procedió al cálculo de un factor de ajuste acorde lo recomendado por (Gago, 2005). La metodología utilizada es la propuesta por (Peña, 2015), la cual se define como:

$$\delta_A = \frac{KP_t}{FA_t} \quad (17)$$

donde  $FA_t$  es

$$FA_t = \frac{(1\%) (\overline{\delta K_t})}{\overline{\delta_t}} \quad (18)$$

El factor de ajuste ( $\delta_A$ ) para el período de la guerra se basa en la relación entre el monto depreciado y la tasa de depreciación (Peña, 2015).  $FA_t$  representa la equivalencia entre

---

<sup>8</sup>Para ver más a fondo ver Baldwin (2005)

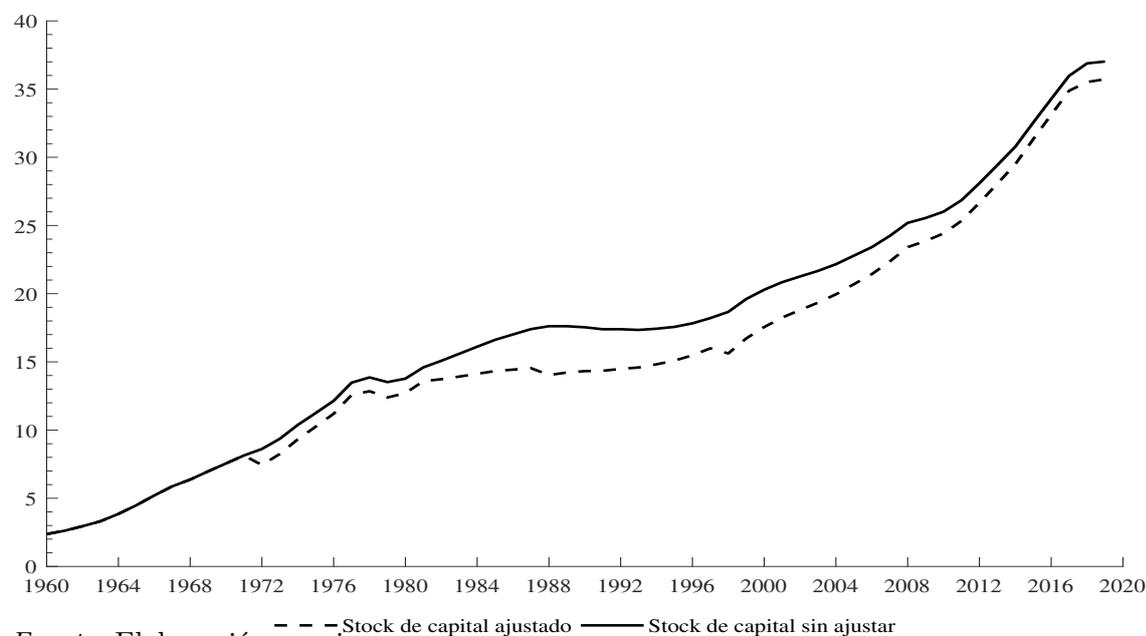
<sup>9</sup>Se eligió un valor de 20 años, esto acorde a estudios anteriores y la naturaleza económica del país.

<sup>10</sup>En la literatura se propone usar la distribución de 80 % para infraestructura e inmobiliario y 20 % para maquinaria y equipos; también hay distribuciones propuestas para Latinoamérica.

1% de tasa de depreciación y el valor medio del total de depreciación<sup>11</sup> ( $\overline{\delta K_t}$ ), que le corresponde a ese 1%.  $KP_t$  es la pérdida anual debida al evento<sup>12</sup>. Este se dividió entre  $FA_t$  para poder establecer cuánto debería ser el factor de ajuste a aplicar para todo el período del evento.

### Gráfico A1.1

Estimaciones del stock de capital (MM de dólares de 2010)



Fuente: Elaboración propia.

### Tabla A1-1

Tasas de crecimiento anual del stock de capital (Promedio)

Periodo	Stock de capital no ajustado	Stock de capital ajustado
1961-1977	10.795 %	10.451 %
1978-1990	2.067 %	1.034 %
1991-2019	2.625 %	3.223 %

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico A1.1 y la tabla A1-1 se muestran las diferencias en las estimaciones del stock, luego de ajustar las tasas de depreciación y la sobrestimación que se origina al no hacerlo. También refleja que, en el largo plazo, ambas estimaciones convergen a un mismo punto. Por tanto, para estimaciones futuras del stock de capital, se recomienda tener en cuenta los eventos extraordinarios que ocurren en el país para evitar problemas de sobreestimación<sup>13</sup>.

Las tasas de depreciación resultantes del proceso de ajuste y las pérdidas económicas se detallan en Anexos.

<sup>11</sup>El valor medio de la depreciación para eventos de guerra corresponde al medio total depreciado a lo largo de la serie, mientras que para fenómenos naturales es el valor medio de la década en la cual sucedió el desastre natural (Peña, 2015)

<sup>12</sup>Se dividió el total de la pérdida entre la cantidad de años del evento.

<sup>13</sup>La base de datos del stock de capital se encuentra en anexos.

## Apéndice B

### B.1 Estimación de parámetros mediante un modelo econométrico

Dado que el método de regresión es el más común a la hora de estimar los parámetros, se realizó la estimación y sus pruebas pertinentes. Se utilizó una función de producción tipo Cobb-Douglas<sup>14</sup>. Matemáticamente, se expresa con la siguiente ecuación:

$$Y_t = F(K_t, L_t, A_t) = A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha} \quad 0 < \alpha < 1 \quad (19)$$

Con el fin de linealizar los parámetros vinculados a la ecuación (19), se aplicó logaritmo neperiano a ambos lados de la ecuación, estableciendo así un modelo de la siguiente forma:

$$\ln Y_t = \ln A_t + \alpha \ln K_t + (1 - \alpha) \ln L_t \quad (20)$$

Además, al estimar la función de producción se tuvo en cuenta el enfoque de tecnología endógena aplicado por Coeymans (1992) y (Azofeifa, 1997). Los autores mencionan que agregar variables que no son propias de la ecuación (19), pero que influyen en la oferta agregada, disminuyen la productividad no explicada, denominadas *variables de estado*.

Para seleccionar las variables de estado que inciden en la producción agregada de la economía nicaragüense, se consideró el trabajo de Bello (2007). Las variables son, el promedio anual del precio real del barril de petróleo y el ratio entre reservas internacionales brutas a PIB. Así que, el modelo quedaría especificado de la siguiente forma<sup>15</sup>:

$$\ln Y_t = f(\ln K_t, \ln L_t, \ln A_t(\ln p_t, \ln rib_t)) \quad (21)$$

Sin embargo, Villalobos et al. (1999) indican que la estimación de la función de producción presentará problemas de endogeneidad de los regresores por un efecto de retroalimentación entre las variables, además de errores de medición en la estimación, pues el stock de capital es estimado.

#### B.1.1 Pruebas de raíz unitaria

Previo a la estimación del modelo, se realizaron diferentes pruebas de raíces unitarias. El primer contraste seleccionado fue la prueba de Dickey-Fuller aumentada (ADF), estimada mediante la siguiente regresión:

$$\Delta Y_t = a_0 + \gamma Y_{t-1} + a_2 t + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta Y_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (22)$$

donde  $Y_t$  es una serie de tiempo,  $\Delta$  es el operador de primeras diferencias y  $\varepsilon_t$  es un término de innovación ruido blanco (Cheung, 1995). Dickey (1979) derivaron las distribuciones asintóticas apropiadas de los estadísticos  $\tau$ ,  $\tau_\mu$  y  $\tau_\tau$  para la ecuación (22).

Sin embargo, la distribución depende los términos deterministas que deben ser incluidos.

---

<sup>14</sup>Gago (2005) concluyó que la función de producción adecuada para Nicaragua es una de tipo Cobb-Douglas. Dicha autora se fundamentó en el estudio de (Azofeifa, 1997) hecho en Costa Rica, por lo que ese país presenta características productivas similares a Nicaragua.

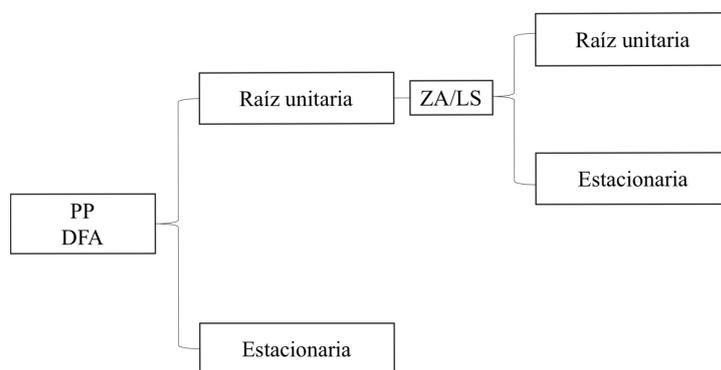
<sup>15</sup>Ver Bello (2007).

Para esto, se utilizó el algoritmo de Enders (2012)<sup>16</sup> para detectar los regresores determinísticos<sup>17</sup>. De igual forma, la prueba de Phillips (1988a) fue utilizada para comprobar si las series poseen o no raíz unitaria.

Castrillo-Rojas (2009) proponen que, para las variables definidas como integradas de primer orden en ambas pruebas de raíz unitaria, se debe de aplicar el test de Zivot (2002) con cambio estructural en intercepto y tendencia. Para tratar de forma adecuada las variables no estacionarias, se realizó la prueba de cointegración de Phillips (1988b), ya que, en presencia de variables cointegradas, es posible establecer un modelo a largo plazo y dinámicas a corto plazo simultáneamente (Enders, 2012).

### Gráfico B1.1

*Esquema para pruebas de raíz unitaria*



*Fuente:* Elaboración propia basado en Castrillo-Rojas (2009)

Siguiendo el esquema del gráfico B1.1, se evaluaron las pruebas mencionadas. En las tablas 3 y 4 de anexos muestran los resultados de dichas pruebas, en las cuales se indica que todas las variables son integradas de primer orden  $I(1)$ , a excepción del Stock de capital, que resultó ser estacionaria  $I(0)$ , por lo que esta oscila alrededor de una tendencia determinista.

En consecuencia, a las variables estacionarias de primer orden  $I(1)$  se les aplicó las pruebas de Zivot-Andrews y Lee-Strazicich para uno y dos cambios estructurales endógenos respectivamente. Los resultados de la tabla 4 confirman los resultados previos, excepto los de la variable  $\ln RIB_t$ , ya que la definen como estacionaria en niveles. Con respecto a las fechas de los quiebres, estas se aproximan a las fechas reales de algunos choques que ha sufrido la economía nicaragüense de 1960.<sup>18</sup>

Por este motivo, ya que las variables no son integradas del mismo orden, no fue posible plantear una relación estable entre las variables en un modelo estático que tenga sentido, sobre todo a largo plazo. Por tanto, se óptó utilizar otra metodología que estime de forma más consistentes los parámetros. En este sentido, se deja planteada esta metodología para futuras líneas de investigación que deseen estimar los parámetros a través de un modelo econométrico.

<sup>16</sup>Ver gráfico 1 de anexo

<sup>17</sup>Puesto que las hipótesis nulas y alternativas apropiadas no están claras y omitir un regresor conduce a especificaciones erróneas.

<sup>18</sup>En general, se deben tener preocupación al momento de evaluar pruebas raíces unitarias. (Castrillo-Rojas, 2009) demuestran que la potencia de las pruebas disminuye a medida que aumenta el número de quiebres y concluyen que las pruebas de ADF y PP son más adecuadas.

## Anexos

**Tabla 1:**

*Valoración de pérdidas para ajustar tasas de depreciación*

*Millones de dólares de 2010*

<b>Terremoto 1972</b>		<b>\$1,564.37</b>
Comercio y otros servicios privados		\$823.90
Gobierno, edificios públicos e infraestructura		\$584.03
Industria		\$156.44
<b>Insurrección 1978-1979</b>		<b>\$446.21</b>
<b>Subsector educación</b>		\$30.80
	Edificios	\$21.77
	Mobiliario y equipo	\$6.48
	Materiales	\$2.55
<b>Sistema de Telecomunicaciones</b>		\$0.30
	Edificios	\$0.22
	Mobiliario y equipo	\$0.08
<b>Salud</b>		\$31.85
	Planta física	\$31.25
	Mobiliario y equipo	\$0.60
<b>Transporte</b>		\$15.02
	Mobiliario y equipo	\$15.02
<b>Electricidad</b>		\$3.18
	Mobiliario y equipo	\$3.18
<b>Sector industrial</b>		\$150.23
	Maquinaria y equipos	\$105.16
	Edificios e instalaciones	\$45.07
<b>Comercio</b>		\$120.18
	Planta física	\$60.09
	Mobiliario y equipo	\$60.09
<b>Agropecuario</b>		\$82.63
	Planta física	\$10.82
	Mobiliario y equipo	\$71.81
<b>Otros</b>		\$12.02
	Equipo y mobiliario	\$12.02

<b>Guerra contra 1982-1988</b>		<b>\$2,990.27</b>
<hr/>		
<b>Huracan Joan 1988</b>		<b>\$966.20</b>
<hr/>		
<b>Agricultura</b>		
	Infraestructura	\$130.10
<b>Ganadería</b>		
	Infraestructura	\$9.22
<b>Industria</b>		
	Infraestructura	\$41.84
<b>Comercio</b>		
	Infraestructura	\$33.43
<b>Otras pérdidas del stock de capital</b>		\$751.61
<hr/>		
<b>Tsunami 1992</b>		\$25.64
<hr/>		
<b>Daño o destrucción total del stock de capital</b>		
	Infraestructura	\$19.43
	Maquinaria y equipo	\$6.22
<hr/>		
<b>Huracan Mitch 1998</b>		<b>\$1,058.79</b>
<hr/>		
Energía Eléctrica		\$24.08
Comunicaciones		\$16.05
Agua potable y alcantarillado		\$26.49
Infraestructura vial		\$809.71
Educación		\$68.62
Sector salud		\$112.37
Sector privado		\$1.47
<hr/>		
<b>Crisis socio-política 2018</b>		<b>\$164.79</b>
<hr/>		
<b><i>Pérdida total</i></b>		<b>\$7,216.27</b>

*Fuente:* Elaboración propia. Los datos del terremoto de 1972 se obtuvieron de (Cepal, 1973), los de la insurrección de (Cepal, 1979), la guerra civil de 1982-1988 se extrajo de la demanda presentada en la Haya, dato extraído de (Schiavo, sf), Huracán Joan de (Cepal, 1989), Tsunami de 1992 de (Cepal, 1992), Huracán Mitch (Urroz, et al.,1999) y la crisis socio-política de 2018 del informe anual 2018 (B.C.N).

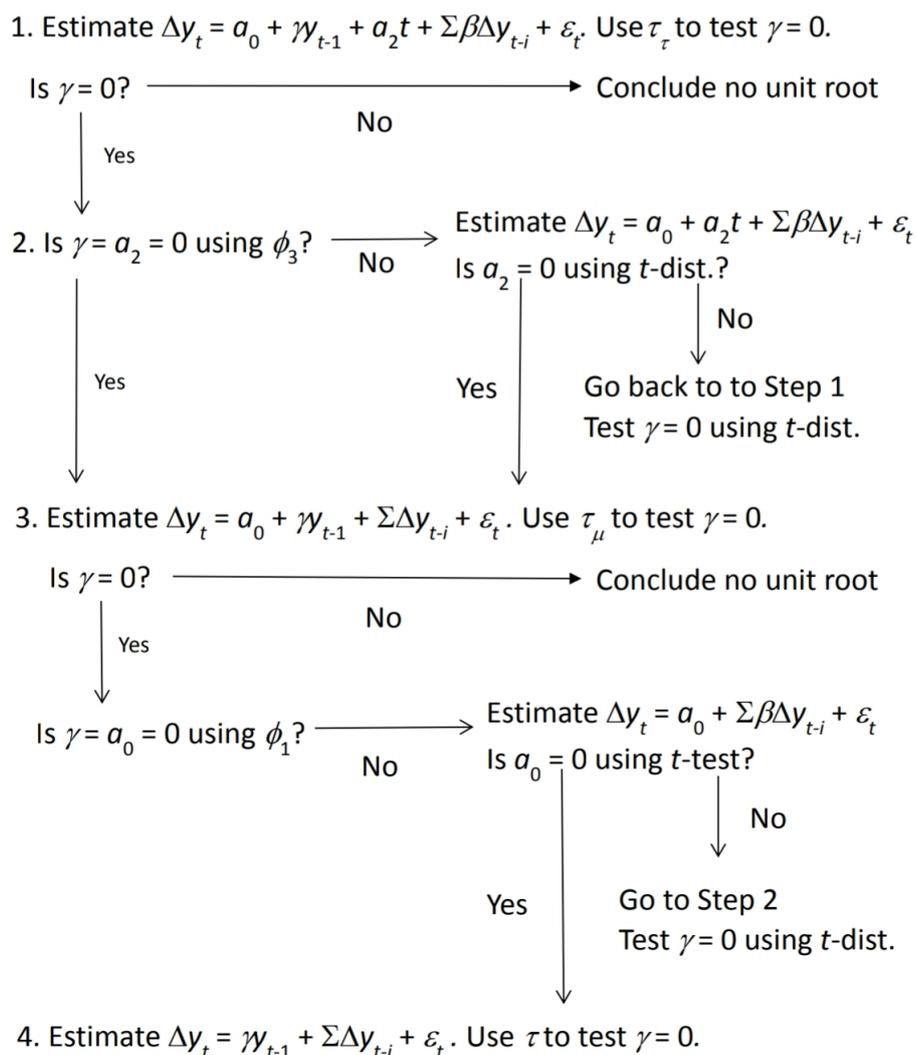
**Tabla 2**  
Tasas de depreciación ajustadas

Evento	Tasa de depreciación
Tiempo ordinario	5.25 %
Terremoto (1972)	19.70 %
Insurrección (1978-1979)	6.54 %
Guerra de la contrarrevolución (1982-1987)	8.13 %
Huracán Joan	11.24 %
Tsunami (1992)	5.39 %
Huracán Mitch (1998)	11.17 %
Crisis socio-política (2018)	6.20 %

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 1**

Procedimiento para pruebas de raíz unitaria (ADF)



Fuente: Extraído de (Enders, 2012)

**Tabla 3**  
*Pruebas de raíz unitaria*

Variables	Prueba DFA					Prueba PP		
	<i>Paso 1</i>	<i>Paso 2</i>	<i>Paso 3</i>		<i>Paso 4</i>	<i>Tendencia</i>	<i>Drift</i>	<i>Sin</i>
	$\tau_\tau$	$\phi_3$	$\tau_\mu$	$\phi_1$	$\tau$	<i>Drift</i>	<i>Drift</i>	<i>Drift</i>
$\ln Y_t$	-2.5(9)	5.1	-1.5(1)	2.9	1.7(1)	-2.08	-1.6	2.26
$\ln K_t$	-3.8(1)**		-3.1(1)**		2.3(1)	-3.7**	-3.8***	3.8
$\ln L_t$	-2.6(10)	5	0.5(10)	1.95	1.7(10)	-2.10	-0.10	5.26
$\ln RIB_t$	-2.6(1)	3.4	-1.8(1)	2.06	0.25(1)	-3.4**	-2.47	0.45
$\ln PBP_t$	-1.9(0)	2.5	-1.9(0)	2.43	0.10(0)	-2.09	-1.9	0.11
$\Delta \ln Y_t$	-5.2(0)***		-5.2(0)***		-3(2)***	-5.1***	-5.1***	-4.7***
$\Delta \ln L_t$	-6.2(0)***		-6.2(0)***		-4.6(0)***	-6.2***	-6.3***	-4.6***
$\Delta \ln RIB_t$	-10.9(0)***		-11(0)***		-11(0)***	-13***	-13.2***	-12.7***
$\Delta \ln PBP_t$	-6.88(0)***		-6.9(0)***		-6.9(0)***	-6.8***	-6.8***	-6.9***

*Nota:* (\*\*\*), (\*\*) y (\*) indican rechazo de la hipótesis nula de que existe raíz unitaria 1%, 5% y 10% de confianza, respectivamente. El valor entre paréntesis de la prueba DFA indica el número de rezagos. El cálculo y los valores críticos de  $\phi_i$  se obtuvieron de Dickey-Fuller (1979) y los valores críticos de  $\tau$  y de la prueba de PP se obtuvieron de MacKinnon (1996).

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 4**  
*Pruebas de raíz unitaria con cambio estructural*

Variables	Prueba de Zivot-Andrews			Prueba de Lee-Strazicich	
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>Dos cambios estructurales</i>	
<b>Cambio estructural endógeno</b>	<b>1979</b>	<b>1992</b>	<b>1979</b>	<b>1973</b>	<b>1991</b>
$\ln Y_t$	-4.289784(3)	-3.620(3)	-3.724128(3)	-4.852115(1)	
<b>Cambio estructural endógeno</b>	<b>1999</b>	<b>1977</b>	<b>2010</b>	<b>1979</b>	<b>2008</b>
$\ln L_t$	-3.329408(1)	-2.195(1)	-3.430647(1)	-6.306000(7)**	
<b>Cambio estructural endógeno</b>	<b>1978</b>	<b>1983</b>	<b>1978</b>	<b>1977</b>	<b>2008</b>
$\ln RIB_t$	-4.831944(1)*	-4.428(1)**	-5.222920(1)**	-6.259197(3)**	
<b>Cambio estructural endógeno</b>	<b>1986</b>	<b>1976</b>	<b>1985</b>	<b>1972</b>	<b>1994</b>
$\ln PBP_t$	-2.910812(0)	-2.303(0)	-3.153612(0)	-5.248263(8)	

*Nota:* (\*\*\*), (\*\*) y (\*) indican rechazo de la hipótesis nula al 1%, 5% y 10% de significancia, respectivamente. El valor entre paréntesis indica el número de rezagos. Los valores críticos se obtuvieron de Zivot-Andrews (2002) y Lee-Strazicich (2003). La estructura del punto de quiebre: A=intercepto, B=Tendencia, C=ambos.

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 5***Participación de las variables*

<b>Año</b>	<b>R</b>	<b>I</b>	<b>EE</b>	<b>IM</b>	<b>PIB</b>	<b>(1-<math>\alpha</math>)*</b>	<b>(1-<math>\alpha</math>)**</b>	<b>(1-<math>\alpha</math>)***</b>
1976	6980.60	416.3	2895.50		12,935.00	0.56	0.56	-
1977	8558.90	411.80	3517.00		15,679.00	0.56	0.56	-
1978	8298.70	398.70	3396.90		14,988.00	0.57	0.57	-
1994-2002	-	-	-	-	-	0.71	0.57	0.6
2006	43,321.7	13,391.8	34,537.5	27,586.7	118,837.7	0.67	0.56	-
2007	51,103.6	15,247.1	40,372.3	30,227.2	136,950.2	0.67	0.56	-
2008	62,335.1	17,426.4	47,511.3	37,329.4	164,602.2	0.68	0.57	-
2009	64,919.5	17,598.7	51,340.9	34,932.2	168,791.3	0.66	0.56	-
2010	72,316.1	20,930.7	56,837.0	36,968.8	187,052.6	0.66	0.56	-
2011	86,268.5	25,083.3	65,472.2	42,358.3	219,182.3	0.66	0.57	-
2012	98,001.5	29,024.8	74,536.5	46,431.2	247,994.0	0.66	0.57	-
2013	108,481.4	31,591.7	81,123.6	50,333.1	271,529.8	0.66	0.57	-
2014	122,338.3	35,732.6	93,044.9	57,287.4	308,403.2	0.66	0.57	-
2015	137,467.4	40,417.9	105,065.7	64,511.7	347,462.7	0.66	0.57	-
2016	150,553.9	44,871.5	112,805.2	70,430.8	378,661.4	0.66	0.57	-
<b>Media</b>						0.65	0.56	0.60
							<b>Media total</b>	0.60

*Fuente:* Elaboración propia en base a datos obtenidos de los informes anual de 1978 y 1990, y el PIB por el enfoque del ingreso (2016). \*\*\*Extraído de (Gago, 2005)

**Tabla 6***Datos utilizados*

<b>Variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Fuente</b>
Producción	Producto Interno Bruto en dólares de 2010	Banco Mundial
Inversión	Formación Bruta de Capital Fija en dólares de 2010	Banco Mundial
Trabajadores	Población ocupada	Banco Central de Nicaragua Organización Internacional del Trabajo
RIB	Reservas Internacionales Brutas entre el Producto Interno Bruto	Banco Central de Nicaragua
Petróleo	Precio promedio anual del barril de petróleo (deflactado)	U.S. Energy Information Administration
Cuenta de generación del ingreso	Impuestos netos, Ingreso Mixto y Remuneraciones.	Banco Central de Nicaragua

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 7***Base de datos del Stock de capital (Dólares de 2010)*

<b>Año</b>	<b>Stock de capital sin ajustar</b>	<b>Stock de capital ajustado</b>
1960	2,374,690,560.79	2,374,690,560.79
1961	2,617,826,727.73	2,617,826,727.73
1962	2,950,719,188.54	2,950,719,188.54
1963	3,314,432,417.55	3,314,432,417.55
1964	3,853,897,838.46	3,853,897,838.46
1965	4,487,282,734.50	4,487,282,734.50
1966	5,203,539,484.04	5,203,539,484.04
1967	5,873,495,359.15	5,873,495,359.15
1968	6,370,075,987.49	6,370,075,987.49
1969	6,973,117,867.13	6,973,117,867.13
1970	7,555,140,817.18	7,555,140,817.18
1971	8,137,828,980.28	8,137,828,980.28
1972	8,613,306,106.17	7,437,773,085.44
1973	9,363,355,145.74	8,249,537,608.59
1974	10,377,192,953.22	9,321,850,836.77
1975	11,250,416,163.89	10,250,479,508.56
1976	12,144,666,335.94	11,197,226,355.01
1977	13,476,728,679.13	12,579,029,297.20
1978	13,861,058,019.66	12,848,261,286.56
1979	13,516,356,442.48	12,391,032,794.90
1980	13,772,763,894.86	12,706,519,738.77
1981	14,596,205,324.29	13,585,938,986.40
1982	15,078,665,696.68	13,730,046,665.73
1983	15,594,480,422.36	13,921,120,676.43
1984	16,111,855,746.69	14,125,299,601.47
1985	16,616,978,686.95	14,327,786,847.51
1986	17,013,483,086.77	14,431,710,556.06
1987	17,401,946,299.84	14,539,959,669.18
1988	17,615,787,760.55	14,033,727,313.13
1989	17,613,902,255.15	14,219,899,981.22
1990	17,537,343,628.07	14,321,526,473.52
1991	17,392,676,482.68	14,345,689,728.74
1992	17,394,189,227.79	14,486,617,160.40
1993	17,343,597,476.87	14,588,672,943.02
1994	17,431,474,960.77	14,821,183,964.94
1995	17,566,504,222.31	15,093,253,503.76
1996	17,825,507,543.13	15,482,102,487.31
1997	18,211,372,607.48	15,990,996,317.09

<b>Año</b>	<b>Stock de capital sin ajustar</b>	<b>Stock de capital ajustado</b>
1998	18,667,898,411.73	15,618,122,446.21
1999	19,610,290,460.91	16,720,627,733.57
2000	20,290,345,546.55	17,552,390,112.40
2001	20,841,881,702.35	18,247,668,928.49
2002	21,262,980,614.09	18,804,964,010.86
2003	21,671,005,377.93	19,342,034,646.37
2004	22,160,208,785.52	19,953,509,017.37
2005	22,785,373,303.00	20,694,525,272.67
2006	23,411,594,136.19	21,430,515,627.46
2007	24,234,799,573.68	22,357,727,686.65
2008	25,191,118,602.79	23,412,592,989.83
2009	25,549,468,499.89	23,864,315,481.62
2010	26,014,011,733.86	24,417,329,249.05
2011	26,852,361,612.94	25,339,504,958.58
2012	28,101,445,440.81	26,668,013,760.80
2013	29,426,773,578.84	28,068,597,062.03
2014	30,775,600,030.49	29,488,727,780.82
2015	32,545,453,081.09	31,326,141,624.53
2016	34,270,313,331.62	33,115,015,726.52
2017	35,975,151,169.63	34,880,506,688.80
2018	36,886,542,975.00	35,517,104,914.04
2019	37,021,836,056.10	35,724,293,493.34

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 8***Base de datos de productividad*

<b>Año</b>	<b>Crecimiento PIB</b>	<b>Aporte K-Solow</b>	<b>Aporte K-SD</b>	<b>PTF Solow</b>	<b>PTF SD</b>	<b>Aporte L</b>	<b>Índice de Malmquist</b>
1961	7.498 %	4.095 %	-0.681 %	1.590 %	6.367 %	1.812 %	102.4
1962	10.891 %	5.087 %	-0.652 %	4.034 %	9.772 %	1.771 %	104.4
1963	10.865 %	4.931 %	-0.431 %	4.203 %	9.564 %	1.732 %	104.6
1964	11.698 %	6.511 %	-0.439 %	3.516 %	10.466 %	1.672 %	103.6
1965	9.525 %	6.574 %	-0.055 %	1.336 %	7.965 %	1.615 %	101.5
1966	3.301 %	6.385 %	0.087 %	-4.614 %	1.684 %	1.530 %	95.9
1967	6.970 %	5.150 %	0.311 %	0.380 %	5.219 %	1.439 %	100.7
1968	1.343 %	3.382 %	0.134 %	-3.342 %	-0.094 %	1.303 %	97.3
1969	6.238 %	3.787 %	-0.219 %	1.306 %	5.312 %	1.145 %	101.5
1970	1.354 %	3.339 %	-0.038 %	-2.941 %	0.436 %	0.956 %	97.3
1971	3.305 %	3.085 %	-0.042 %	0.527 %	3.654 %	-0.307 %	99.8
1972	2.221 %	-3.441 %	-0.042 %	4.207 %	0.808 %	1.455 %	105.7
1973	6.417 %	4.366 %	-0.245 %	0.678 %	5.288 %	1.374 %	101
1974	14.192 %	5.199 %	0.222 %	7.714 %	12.691 %	1.279 %	107.4
1975	-0.153 %	3.985 %	0.446 %	-5.337 %	-1.798 %	1.199 %	95.2
1976	5.209 %	3.694 %	0.302 %	0.498 %	3.890 %	1.017 %	100.6
1977	8.368 %	4.936 %	0.291 %	2.484 %	7.129 %	0.949 %	102.2
1978	-7.839 %	0.856 %	0.826 %	-9.595 %	-9.565 %	0.900 %	91.2
1979	-26.479 %	-1.423 %	-0.340 %	-25.925 %	-27.009 %	0.870 %	74.3
1980	4.612 %	1.018 %	-1.260 %	3.752 %	6.031 %	-0.159 %	103.4
1981	5.363 %	2.768 %	-0.075 %	-0.202 %	2.641 %	2.797 %	101.9
1982	-0.816 %	0.424 %	0.977 %	-4.401 %	-4.953 %	3.160 %	96.6
1983	4.613 %	0.557 %	0.405 %	-1.006 %	-0.854 %	5.062 %	100.4
1984	-1.566 %	0.587 %	0.407 %	-6.265 %	-6.085 %	4.112 %	95.2
1985	-4.082 %	0.573 %	0.502 %	-7.269 %	-7.198 %	2.614 %	93.9
1986	-1.017 %	0.290 %	0.643 %	-3.273 %	-3.626 %	1.966 %	97.4
1987	-0.706 %	0.300 %	0.503 %	-3.161 %	-3.364 %	2.155 %	97.5
1988	-12.450 %	-1.393 %	0.548 %	-13.740 %	-15.681 %	2.683 %	87.2
1989	-1.738 %	0.531 %	0.561 %	-3.427 %	-3.457 %	1.158 %	97.3
1990	-0.052 %	0.286 %	0.117 %	-3.592 %	-3.423 %	3.254 %	97.3
1991	-0.189 %	0.067 %	-0.062 %	-0.020 %	0.110 %	-0.237 %	99.9
1992	0.386 %	0.393 %	-0.232 %	-0.352 %	0.272 %	0.346 %	99.9
1993	-0.393 %	0.282 %	0.094 %	-0.582 %	-0.394 %	-0.093 %	99.3
1994	3.338 %	0.638 %	-0.023 %	-0.209 %	0.452 %	2.909 %	100.9
1995	5.912 %	0.734 %	0.226 %	2.541 %	3.049 %	2.636 %	103.6
1996	6.344 %	1.031 %	0.210 %	2.247 %	3.067 %	3.067 %	103.7
1997	3.967 %	1.315 %	0.344 %	-0.992 %	-0.021 %	3.644 %	100.9

<b>Año</b>	<b>Crecimiento PIB</b>	<b>Aporte K-Solow</b>	<b>Aporte K-SD</b>	<b>PTF Solow</b>	<b>PTF SD</b>	<b>Aporte L</b>	<b>Índice de Malmquist</b>
1998	3.712 %	-0.933 %	0.530 %	1.467 %	0.004 %	3.177 %	102.3
1999	7.036 %	2.824 %	0.610 %	-0.028 %	2.186 %	4.240 %	103.4
2000	4.102 %	1.990 %	1.346 %	-8.191 %	-7.547 %	10.303 %	96.1
2001	2.961 %	1.584 %	0.844 %	1.357 %	2.097 %	0.020 %	101
2002	0.754 %	1.222 %	0.604 %	-2.247 %	-1.630 %	1.780 %	99.2
2003	2.521 %	1.142 %	0.415 %	-0.349 %	0.379 %	1.727 %	101.1
2004	5.312 %	1.265 %	0.368 %	2.265 %	3.161 %	1.783 %	103.7
2005	4.282 %	1.485 %	0.401 %	-0.429 %	0.655 %	3.226 %	101.6
2006	4.152 %	1.423 %	0.537 %	2.451 %	3.337 %	0.279 %	102.3
2007	5.076 %	1.731 %	0.480 %	1.921 %	3.172 %	1.424 %	102.8
2008	3.436 %	1.887 %	0.665 %	0.758 %	1.980 %	0.792 %	101.1
2009	-3.293 %	0.772 %	0.802 %	-2.072 %	-2.103 %	-1.992 %	97.4
2010	4.409 %	0.927 %	0.164 %	-10.747 %	-9.984 %	14.229 %	93.8
2011	6.318 %	1.511 %	0.229 %	-0.160 %	1.121 %	4.967 %	102.1
2012	6.497 %	2.097 %	0.574 %	0.567 %	2.091 %	3.832 %	103.2
2013	4.927 %	2.101 %	0.929 %	2.165 %	3.337 %	0.661 %	102.3
2014	4.786 %	2.024 %	0.940 %	3.670 %	4.754 %	-0.908 %	103
2015	4.791 %	2.492 %	0.898 %	7.829 %	9.423 %	-5.529 %	106.7
2016	4.564 %	2.284 %	1.247 %	0.539 %	1.576 %	1.741 %	101.7
2017	4.631 %	2.133 %	1.146 %	0.936 %	1.922 %	1.563 %	101.9
2018	-3.951 %	0.730 %	1.066 %	-4.398 %	-4.734 %	-0.283 %	95.4
2019	-3.879 %	0.233 %	0.534 %	-4.188 %	-4.489 %	0.077 %	95.8

*Fuente:* Elaboración propia