

# Estimación de la Productividad Total de Factores de Paraguay: mediciones alternativas

Septiembre, 2015

Jesús Aquino\*

## Resumen

En este estudio se estima la Productividad Total de Factores de Paraguay siguiendo metodologías alternativas al clásico Residuo de Solow. Los potenciales errores de medición del stock de capital y la relativa flexibilidad en el uso de los factores de producción son las principales críticas del método tradicional. Contrariamente, los cálculos alternativos de la Productividad Total de Factores revelan que el factor capital fue el principal determinante del crecimiento económico paraguayo en el periodo 1991-2014 y que el desempeño de la Productividad Total de Factores en el mismo periodo fue adverso.

**Clasificación JEL:** D24, E22, 047

**Palabras Claves:** Productividad Total de Factores, Stock de Capital, Residuo de Solow, Sustitución Directa, Generalización de Diferencias.

\*Documento de trabajo elaborado por Jesús Aquino, analista técnico del Ministerio de Hacienda Dirección de Estudios Económicos

## I. Introducción

El modelo de Solow (1956) ha sido utilizado en varios estudios empíricos para determinar las fuentes de crecimiento de una economía y establecer si la misma es explicada por la incidencia que tienen los factores de producción o por el progreso técnico también llamada Productividad Total de los Factores. La mayoría de las investigaciones dentro del campo de la teoría del crecimiento económico estiman el progreso técnico de la manera tradicional al igual que Solow lo ha realizado desde hace más de 50 años. Sin embargo esta metodología puede ser cuestionable debido a dos principales críticas: el primero se refiere al error de medición que existe en la estimación del stock de capital, pues al no contar con estadísticas oficiales se estima con el Método de Inventario Permanente; la segunda crítica se refiere al problema de la rigidez cíclica de los factores de producción, donde si no se realiza ningún ajuste tanto al factor capital como al trabajo la estimación de la Productividad Total de Factores (PTF) capturaría todo el ciclo económico dando como resultado una estimación de la PTF donde incorporará todos los cambios no realizados a los factores de producción y que son ajenos al progreso técnico.

Para evitar problemas de medición en el stock de capital, Burda y Severgnini (2014) proponen dos metodologías alternativas. La primera es denominada como el método de sustitución directa y la segunda como el método de diferencias generalizadas. Ambas eliminan el stock de capital del cálculo del residuo de Solow y utilizan como variable *proxy* de la utilización del capital el consumo de energía eléctrica. De esta manera obtienen un valor más ajustado del uso del factor capital acorde con los ciclos que se generan en la economía. Este estudio se propone evaluar estas dos metodologías alternativas de manera a analizar las implicancias y diferencias que tiene con el modelo tradicional. Además se plantea otro modelo para el cálculo de la PTF teniendo en cuenta el ajuste por uso efectivo de los factores de producción, capital y trabajo.

La principal conclusión del trabajo de investigación es que la PTF no fue la principal fuente de crecimiento en los últimos años sino más bien ha tenido una incidencia negativa en la generación del producto en buena parte del periodo evaluado. El factor capital ha sido el que explica en mayor cuantía el crecimiento económico a lo largo de todo el periodo, contrarrestando en muchas ocasiones el comportamiento decreciente de la PTF. Estos resultados se contradicen con la metodología tradicional del modelo de Solow donde establece que la PTF es el principal determinante del crecimiento económico de un país.

Además, los resultados de la investigación implican que la orientación de la política económica debe dirigirse en busca de incrementar la productividad de manera a contar con mayor eficiencia de la mano de obra, el capital físico y el capital humano en vista que en el largo plazo la acumulación de factores principalmente del capital físico está limitada por los rendimientos decrecientes, la depreciación y la inversión, esta última determinada por la capacidad de ahorro del país y la coyuntura internacional.

La estructura del documento se organiza de la siguiente manera: En la sección 2 se analiza brevemente el modelo clásico para el cálculo de la Productividad Total de Factores usando el enfoque tradicional propuesto por Solow. La sección 3 se expone las deficiencias existentes en el modelo tradicional enfatizando el problema de medición de la PTF que existe si no se emplea ningún ajuste a los factores de producción. La sección 4 describe brevemente el método estándar para el cálculo del stock de capital y los problemas que involucra dicho método. En la sección 5 se procede a estimar el stock de capital por la metodología estándar y además se ajusta dicha variable por su tasa de utilización. La sección 6 expone algunas propuestas metodológicas que son alternativas para el cálculo de la PTF. La siguiente sección menciona como se ha obtenido el parámetro referente a la participación del capital en la economía, necesario para el cálculo de la PTF. La sección 8 se dedica a analizar los resultados obtenidos con las metodologías alternativas y por último en la sección 9 se expone las conclusiones de la investigación.

## II. Metodología Clásica para el Cálculo de la Productividad Total de Factores

Para el ejercicio de contabilidad de crecimiento se parte de una función de producción neoclásica estándar de tipo Cobb-Douglas con retornos constantes a escala y bajo el supuesto de que la tecnología es neutral en el sentido Hicks<sup>1</sup>, así como también se asume que los mercados de factores son perfectamente competitivos. Entonces la tasa de crecimiento del producto puede expresarse como:

$$\frac{\Delta Y_t}{Y_{t-1}} = \alpha_t \frac{\Delta K_t}{K_{t-1}} + (1 - \alpha_t) \frac{\Delta N_t}{N_{t-1}} + \frac{\Delta A_t}{A_{t-1}} \quad (1)$$

Donde  $Y_t$  representa el producto,  $K_t$  el stock de capital,  $L_t$  el factor trabajo y el término  $A_t$  representa el progreso técnico o nivel de PTF. El término  $\Delta A_t/A_{t-1}$  mide el crecimiento de la tecnología y se obtiene como la diferencia entre la tasa de crecimiento de la producción y la tasa de crecimiento ponderada de cada factor de producción.

Los parámetros o ponderadores  $\alpha$  y  $1-\alpha$  denotan la participación del capital y el trabajo en la economía respectivamente. Entonces la PTF puede ser expresada por la siguiente ecuación:

---

<sup>1</sup>La neutralidad de Hicks se refiere a que la innovación tecnológica es neutral con respecto al capital y al trabajo si la relación que existe entre las productividades marginales de los factores se mantiene constante para una proporción dada entre capital y trabajo. Es decir, siguiendo esta definición, una mejora tecnológica es ahorradora de capital si el producto marginal del capital aumenta más que el producto marginal del trabajo, manteniendo la relación entre el capital y el trabajo constante.

$$\frac{\Delta A_t}{A_{t-1}} = \frac{\Delta Y_t}{Y_{t-1}} - \alpha_t \frac{\Delta K_t}{K_{t-1}} - (1 - \alpha_t) \frac{\Delta N_t}{N_{t-1}} \quad (2)$$

Esta estimación de la productividad total de factores o residuo de Solow es la metodología estándar que no considera ningún ajuste por utilización o calidad de los factores productivos. Además, las estadísticas oficiales generalmente carecen de estimaciones del stock de capital. Para salir de este déficit se recurre a la utilización del Método de Inventario Permanente (MIP), más adelante serán explicadas las limitaciones de esta metodología.

### III. Deficiencias Existentes en la Metodología Tradicional para el Cálculo de la Productividad Total de Factores

Al realizar el ejercicio de contabilidad de crecimiento utilizando el modelo de Solow tradicional se puede generar una fuerte correlación del valor de la PTF con el ciclo del producto. Por ejemplo cualquier disminución o aumento en la tasa de utilización del capital que generalmente no es contabilizado, se le atribuirá al residuo de Solow induciendo una alta prociclicidad, ya que la utilización del factor varía en considerable magnitud dependiendo de la fase del ciclo económico en el que se sitúa la economía. Por ejemplo en las fases recesivas del ciclo económico las empresas pueden optar por reducir el uso en la intensidad del capital debido a que resulta difícil deshacerse de dichos factores o porque esperan que el ciclo recesivo sea de corto plazo. Sin embargo, si el ciclo recesivo tiene un periodo más prolongado entonces las empresas optan por deshacerse del capital o bien el mismo queda inutilizado lo que acrecienta su nivel de depreciación en el tiempo. Por el contrario en el caso de un ciclo expansivo, las empresas pueden optar por aumentar el uso del capital mientras analizan si el shock se mantiene en el mediano plazo. Luego de eso toman la decisión de aumentar su demanda por el factor de bienes de capital.

Por lo expuesto anteriormente, la omisión de realizar algún ajuste por grado de utilización del capital influirá en que la estimación de la PTF incorpore las variaciones no realizadas a este factor de producción dando como resultado un elevado coeficiente de correlación con el ciclo económico. Este comportamiento fue expuesto por Basu (1996) que argumenta que el factor cíclico de utilización es importante en la hora de la determinación de la Productividad Total de Factores y encuentra que controlando por los efectos cíclicos de utilización de los factores, la correlación de la PTF con el producto se reduce en un 75% obteniendo un valor más “limpio” del residuo de Solow sin efectos o cambios atribuibles del factor trabajo o del capital.

A manera de resumen, al estimar la PTF por el método tradicional los cambios producidos en algunos de los componentes de la demanda agregada pueden acabar influyendo en la utilización de los factores de producción y por lo tanto al estimar el

residuo de Solow ocasionaría contar con una interpretación inexacta de la productividad en la economía. Por tanto, para tener una estimación más precisa del residuo de Solow se necesita ajustar el capital por lo efectivamente utilizado.

Por otro lado, el factor trabajo también requiere de cierto ajuste para evitar inconvenientes o resultados inconsistentes en la PTF ya que el nivel de conocimiento y destrezas adquiridas no se mantienen constantes en el tiempo. Es decir, el trabajador del periodo actual no tiene los mismos niveles de conocimientos que un trabajador de hace 20 años, pues el primero ha acumulado más capital humano, es decir posee más instrucción lo que le permite ser más productivo. Se necesita un indicador que permita corregir el nivel de empleo por la calidad que posee la mano de obra.

Una manera de ajustar el factor trabajo sería a través de los años promedio de estudio de la población ocupada. Este ajuste nos daría un resultado que refleja la contribución del capital humano al crecimiento del producto, lo que a su vez ayuda en cierta manera a que el cálculo de la productividad total de factores no capture movimientos propios del uso del capital físico o del capital humano que son ajenos al concepto de cambio tecnológico. La mayoría de los estudios empíricos<sup>2</sup> se basan en esta metodología de manera a contar con un mecanismo de ajuste para este factor con el fin de obtener un indicador que refleje mayor productividad de la fuerza laboral.

#### IV. El Método de Inventario Permanente (MIP) y el Problema de Medición del Stock de Capital

Como se dijo anteriormente en la práctica el cálculo del stock de capital se realiza mediante el método de inventarios permanentes (MIP)<sup>3</sup>, un procedimiento considerado estándar en los ejercicios de contabilidad de crecimiento. Este método sostiene que el stock de capital es el resultado de la acumulación de una serie de inversiones realizadas en el pasado mediante un proceso lineal. Es decir que el acervo de capital de la economía al inicio de cada periodo está en función al acervo de capital disponible en el periodo anterior, la inversión bruta y la depreciación del periodo corriente.

Si se parte de un nivel dado de capital inicial  $K_0$ <sup>4</sup> y una tasa de depreciación  $\delta$ , se puede calcular el stock de capital para los siguientes periodos, de modo que la ecuación para el cálculo del stock de capital por el MIP puede ser descripta como:

$$K_{t+1} = [\prod_{i=0}^t (1 - \delta_{t-1})]K_0 + \sum_{j=0}^t [\prod_{i=0}^t (1 - \delta_{t-1})] I_{t-1} \quad (3)$$

<sup>2</sup>Trabajos como Romer, P. (1986), Mankiw, N. D., Romer Paul and Weil, D. (1992) resaltan la importancia del capital humano como medida de productividad de la fuerza laboral, además demostraron que el capital humano y físico puede ayudar a explicar hasta en un 78 % las grandes variaciones de ingresos existentes entre los países.

<sup>3</sup>Autores que utilizaron el MIP: GoldSmith (1955), Jorgenson and Griliches (1967), Harberger (1978), Coeymans J. (2009), Berlemann M., y Wesselhöft J. (2012)

<sup>4</sup>Como no es posible conocer con precisión el valor inicial del capital  $K_0$  se asume que la economía se encuentra en estado estacionario por lo que la fórmula del nivel inicial del capital es  $K_0 = I_0 / (g + \delta)$ . Harberger (1978)

Donde el stock de capital está expresada en función al valor inicial del capital y la evolución de los niveles de inversión, técnicamente esta ecuación nos refleja que el stock de capital del periodo actual es la suma ponderada del valor inicial del capital,  $K_0$  más las inversiones efectuadas entre el periodo inicial y el periodo  $t$  con sus ponderadores correspondientes a sus componentes no depreciados.

Como esta metodología parte de una estimación desconocida de un stock de capital inicial donde el mismo se realiza en base a algunos supuestos, la depreciación, los flujos de inversiones pasadas y la condición inicial para el stock de capital podrían involucrar errores de medición.

Entre las críticas a esta metodología se encuentran que en la realidad no hay confiables estimaciones del nivel de depreciación o de la vida útil de las plantas industriales y los equipamientos, además las transferencias de activos entre las industrias o entre las industrias y el gobierno así como las exportaciones de bienes de capital usados son difíciles de identificar y adecuarle un valor por lo que asumir una cierta tasa de depreciación constante y desconocida para estos casos implicaría el riesgo de contar con una sesgada medición del stock de capital<sup>5</sup>.

También el establecimiento de manera arbitraria de la condición inicial del capital  $K_0$  lleva a obtener una estimación ambigua del stock de capital, ya que se recurre al supuesto de que la economía se encuentra en estado estacionario cuando en realidad puede no estarlo. Esto se podría tratar de solucionar fijando un valor de  $K_0$  lo suficientemente atrás en el pasado<sup>6</sup> de modo que las inversiones realizadas y el stock de capital reflejen la trayectoria de largo plazo de la economía.

Otra cuestión es que en la práctica resulta difícil distinguir entre el capital efectivamente utilizado como el que se encuentra inactivo. El MIP no realiza esta distinción por lo que el stock de capital utilizado en el cálculo del residuo de Solow quedaría confuso, pues no se sabría con exactitud en qué medida el factor capital explica realmente el incremento del producto, ya que al realizar el ejercicio de contabilidad de crecimiento no se distinguiría entre el capital que está en uso o un capital que se encuentra improductivo o inactivo.

---

<sup>5</sup>Usher, D. (1980) "The Measurement of Capital" National Bureau of Economic Research, Studies in Income and Wealth Vol.45

<sup>6</sup>Por ejemplo las oficinas de estadísticas del Reino Unido poseen datos de inversiones a partir de 1770, Francia desde 1820, Alemania desde 1850, Dinamarca y Estados Unidos reportan datos desde 1832. La mayoría de los países tanto los industrializados como los en vías de desarrollo sólo reportan datos a partir de entre 1950 y 1960. Mathias, P. and M, Postan. (1978)

## V. Estimaciones del Stock de Capital por MIP y por grado de utilización

En esta sección se estima el stock de capital a través del MIP además se contrasta cuando el stock de capital es ajustado por su utilización. Las series de inversión se obtuvieron del PennWorldTable 7.1. Una vez construida la serie de stock de capital se ajusta el mismo por su tasa de utilización, tomando como variable *proxy* de utilización del capital el consumo de energía eléctrica del sector comercial e industrial, es decir, sin incluir el residencial<sup>7</sup>. Los datos de energía eléctrica se obtuvieron de la Administración Nacional De Electricidad (ANDE).

Para fines empíricos y para poner en aplicación esta metodología, en el gráfico 1 se encuentran los resultados de la estimación del stock de capital de la economía paraguaya. Si bien el método presenta sus dificultades y limitaciones, los resultados pueden indicarnos una buena aproximación del nivel de stock de capital que posee la economía pero teniendo en cuenta de que existe el riesgo de incurrir en errores de la medición. Observamos que tanto la evolución de ambas variables entre los periodos de inicios de los 70 hasta finales de los 80 tienen una tendencia creciente y pronunciada con un crecimiento promedio del PIB del 8,6% entre los periodos 1970-1981, época donde los efectos derrame de la construcción de la represa de Itaipú tuvo un impacto significativo en la economía del país<sup>8</sup>. Posteriormente a partir del año 1982 hasta finales del año 1996 el crecimiento del PIB como del stock de capital se desaceleran, coincidente con un crecimiento promedio del PIB del orden del 3,7% casi 5% menos que durante los periodos 1970-1981.

Del mismo modo se observa que el producto presenta una evolución casi decreciente entre los años 1997 y 2002, al igual que la evolución del stock de capital sufre una leve desaceleración. Esto puede explicarse por el periodo de inestabilidad política de esa época, sumado a la inestabilidad en el sistema financiero y la crisis de default ocurrido en el año 2002.

En el gráfico 2 se aprecia la evolución del ciclo del PIB como la evolución del capital observado frente al capital ajustado<sup>9</sup>. Como no se encontraron datos de años anteriores referente al consumo de energía eléctrica, el gráfico presenta la evolución de las variables mencionadas a partir del año 1990.

Durante los periodos 1998-2002 la economía atravesaba un ciclo contractivo y el capital ajustado refleja cómo las empresas lograron reducir el uso del capital y la diferencia entre capital efectivo y capital ajustado es una muestra de la “capacidad ociosa” que se tuvo en la economía paraguaya en el periodo mencionado. Años posteriores luego de

---

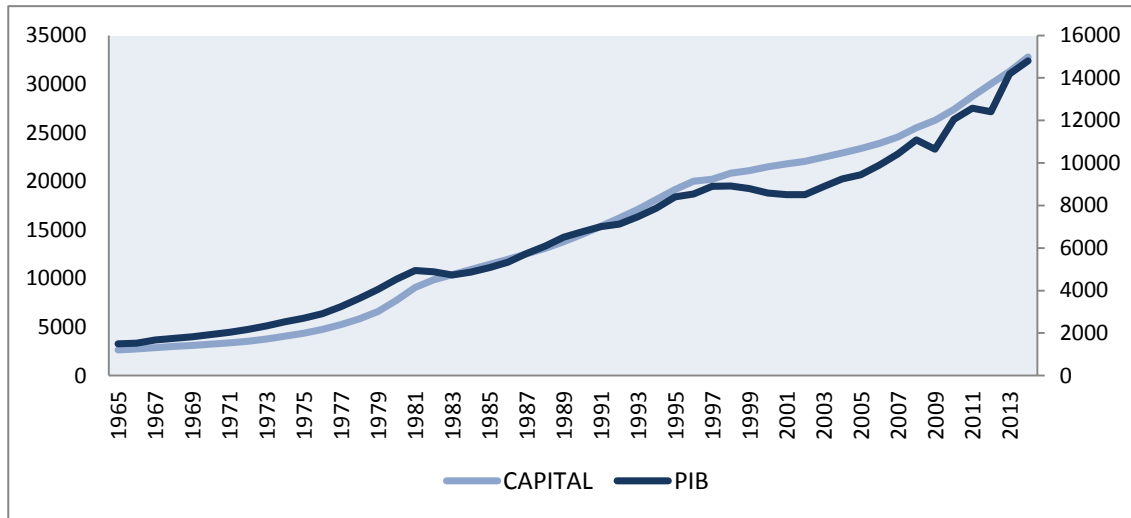
<sup>7</sup>Basado en el trabajo de Burnside, Eichenbaum y Rebelo (1995), que utilizan el consumo de energía eléctrica para incorporar las variaciones que sufre el capital.

<sup>8</sup>Para ver más sobre el impacto de la construcción de la Represa de Itaipú véase: Rojas, B. (2001) “Itaipú y Crecimiento Económico de Paraguay”

<sup>9</sup>El capital se multiplica por su tasa de utilización siguiendo la siguiente fórmula:  $\hat{K}_t = K_t v_t$  donde  $v_t$  es la razón entre el consumo de energía efectivo y su tendencia calculado mediante el filtro Hodrick-Prescott. Esta metodología fue propuesta por Fuentes, R., Larraín, M., y Schmidt-Hebbel, K. (2004).

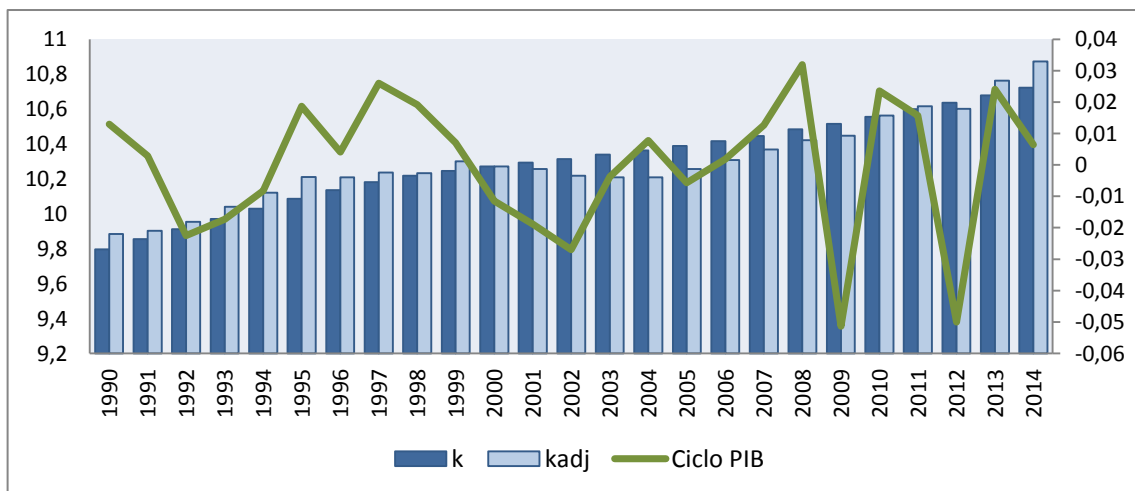
una serie de reformas, el capital ajustado exhibe una tendencia creciente a excepción de los años 2009 y 2012 donde dicha tendencia es menos pronunciada, coincidente con los periodos de contracción del PIB. Para los siguientes dos años se aprecia un aumento significativo en la intensidad del uso del capital donde en el año 2014 la utilización del factor aumentó considerablemente.

**Gráfico 1: Evolución del stock de capital y el PIB en mill. de US\$ constantes de 1994**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la PennWorldTable 7.1. Para el cálculo del stock de capital se asumió una tasa de depreciación del 4% y para el valor de  $g$  se consideró el crecimiento promedio anual de la economía de 5%, entre los años 1961-1965. Por último se asume el periodo 1965 para el cálculo del nivel inicial de capital  $K_0$ .

**Gráfico 2: Stock de capital ajustado por su tasa de utilización (Escala logarítmica)**



Fuente: Elaboración propia. Para la descomposición del componente cíclico del PIB se utilizó el filtro Hodrick-Prescott



## VI. Propuestas Metodológicas

### a. Residuo de Solow ajustado por los factores productivos

Con el fin de contar con una estimación de la PTF libre de influencias de movimientos propios del capital o del trabajo en esta versión el crecimiento del progreso técnico medido por la variable  $A_t$  queda de la siguiente forma:

$$\frac{\Delta A_t}{A_{t-1}} = \frac{\Delta Y_t}{Y_{t-1}} - \alpha \frac{\Delta KAdj_t}{KAdj_{t-1}} - (1 - \alpha) \left( \frac{\Delta H_t}{H_{t-1}} \right) \quad (4)$$

Donde la variable  $KAdj_t$  representa el capital ajustado por su nivel de utilización, metodología descrita anteriormente en la sección V. La población ocupada se ajusta teniendo en cuenta los años promedios de estudio de la mano de obra (H).<sup>10</sup>

La idea de esta versión para el cálculo de la productividad es que el capital refleje lo que efectivamente han utilizado las empresas e industrias cuando demandan más bienes de capital o reducen la utilización del mismo según la fase en que se encuentre el ciclo del producto.

### b. Residuo de Solow - Sustitución Directa (DS)

Burda y Servergnini (2014) proponen este método el cual elimina el stock de capital al momento de estimar la productividad total de factores reduciendo los errores de medición de la misma. A continuación esbozaremos la metodología propuesta por estos autores asumiendo una función de producción Cobb-Douglas:  $Y_t = F(A_t, U_t, K_t, N_t)$ . Se asume que la función de producción presenta rendimientos constantes a escala y la tecnología es neutral en el sentido Hicks.

Posteriormente se diferencia esta ecuación con respecto al tiempo y se reemplaza en el valor del capital  $K_t$  la ecuación de transición del capital  $\dot{K}_t = I_t - \delta_t K_t$ , de manera que se obtiene:

$$\frac{\dot{Y}_t}{Y_t} = \frac{\Delta F_A}{Y_t} \dot{A}_t + F_K \frac{I_t}{Y_t} + \alpha_t \left( \frac{\dot{U}_t}{U_t} - \delta_t \right) + (1 - \alpha_t) \frac{\dot{N}_t}{N_t} \quad (5)$$

Este método utiliza variables directamente observables como el costo del uso del capital y el nivel de inversión respecto al PIB. En consecuencia el cálculo de la PTF reduce los errores en la estimación debido a que no se utiliza una serie de stock de capital que puede estar construido de manera cuestionable. En reemplazo del stock de

---

<sup>10</sup>La población ocupada se ajusta multiplicando por el índice de los años promedio de estudio de la fuerza laboral. Se toma como referencia un índice 1990 = 100 para los años de educación. Los datos se obtuvieron de la DGEEC a partir del año 1998 hasta el 2014, los demás años se obtuvieron de la base de datos de la PWT 7.1

capital se utiliza la capacidad de utilización que tiene la misma. Reemplazando el término  $\theta_t$  en la variable  $F_K$ , y reescribiendo la ecuación en tiempo discreto deducimos la medida de la PTF por la siguiente ecuación:

$$a_t^{DS} = \frac{\Delta Y_t}{Y_{t-1}} - \theta_{t-1} \frac{I_{t-1}}{Y_{t-1}} + \alpha_{t-1} \left( \delta_{t-1} - \frac{\Delta U_t}{U_{t-1}} \right) - (1 - \alpha_{t-1}) \frac{\Delta N_t}{N_{t-1}} \quad (6)$$

Donde  $\theta_t$  es el costo de uso del capital<sup>11</sup>,  $I_t/Y_t$  es el ratio del nivel de inversión con respecto al PIB,  $N_t$  representa a la población ocupada y  $U_t$  denota la capacidad de utilización del capital utilizando el consumo de energía eléctrica como variable *proxy*. Por último el término  $a_t^{DS}$  corresponde a la medida del crecimiento de la productividad total de factores. En esta versión del residuo de Solow el crecimiento del stock capital se sustituye directamente por las inversiones generadas en bienes de capital junto con las depreciaciones que surgen al momento de su utilización ponderadas por la participación que tiene el factor capital en la economía.

### c. Residuo de Solow - Generalización de diferencias a partir de las desviaciones del estado estacionario (GD)

El método de generalización de diferencias resulta ser el indicado para la medición de la Productividad Total de Factores cuando una economía se encuentra cerca de su estado estacionario o de equilibrio, como es el caso de una economía o algún sector plenamente madurado o desarrollado.

Entonces el crecimiento de la PTF se obtiene como desviaciones que se dan de alguna ruta determinista de largo plazo estimadas, usando regresión de tendencias, medias móviles o el filtro Hodrick-Prescott.

En esta investigación usaremos la última opción, donde todas las variables analizadas denotan las desviaciones de las mismas alrededor de su estado estacionario.

El método de generalización de diferencias elimina el stock de capital al momento de estimar la PTF. Dada una condición inicial de la medida de crecimiento de la PTF  $a_0^{GS}$  la secuencia  $\{a_t^{GS}\}$  queda determinada para  $t=1, \dots, T$  mediante la siguiente ecuación:

$$a_t^{GD} = \left( \frac{1-\delta}{1+g} \right)^t a_0^{GD} + \sum_{i=0}^{t-1} \left( \frac{1-\delta}{1+g} \right)^i [Y_{t-1-i} - \alpha(U_{t-1-i} + U_{t-i}) - (1 - \alpha)N_{t-i}] \quad (7)$$

<sup>11</sup>La variable  $\theta_t$  corresponde a la tasa de interés nominal para préstamos de desarrollo extraído del anexo estadístico "Indicadores Financieros" del BCP.

$$\text{Donde } \iota = \frac{(I/K)}{(1+g)}, \quad (8)$$

g es la tasa de crecimiento de la economía y

$$a_o^{GD} = \frac{1}{2} \ln \frac{y_1^1}{y_0^1} + \alpha \ln \frac{U_0}{U_1} \quad (9)$$

La última ecuación representa la condición inicial del crecimiento de la PTF calculado a partir del índice de Malmquist, donde  $y_1^1$  es el PIB per cápita en el periodo 1, e  $y_0^1$  es el PIB per cápita en el periodo 0.

Por otra parte las variables  $U_0$  y  $U_1$  representan la capacidad de utilización del capital en el periodo inicial y en el periodo 1 respectivamente.

De esta manera la condición inicial de la PTF es igual al logaritmo de la media geométrica del producto per cápita más el logaritmo de la capacidad de utilización, esta última multiplicada por el parámetro de la participación del capital en la economía ( $\alpha$ ).

Como se aprecia en la ecuación 7 el stock de capital es reemplazado por la capacidad de utilización que tiene la economía, en este caso medido por el consumo de energía eléctrica más la inversión ponderados por el parámetro  $\alpha$  que captura las veces que el capital es utilizado en la economía.

## VII. Estimación de la Participación del Capital en la Economía

Para estimar el valor de la PTF se debe antes determinar la elasticidad de la participación del capital en el producto, es decir del parámetro  $\alpha$ . Existen dos formas de calcular la participación del capital en el producto de la economía. La primera es a través de los datos extraídos directamente de las cuentas nacionales y el segundo a través de la inferencia econométrica.

En el primer método se establece la participación que ha tenido el capital como generador de ingreso de las cuentas nacionales del Paraguay, siempre bajo los supuestos de competencia perfecta y rendimientos constantes a escala. La participación del capital se deduce entonces por la suma del excedente neto de explotación y el consumo de capital fijo respecto al PIB. En base a estos argumentos se calcula el parámetro  $\alpha$  con datos del boletín de cuentas nacionales del BCP, donde el valor de la participación del capital en la economía oscila entre 0,37 y 0,42 para el periodo 2004-2013<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup>Boletín Sistema de Cuentas Nacionales del Paraguay. Serie 2004-2013. La participación del capital se puede obtener a través del excedente bruto de explotación registrado en las cuentas nacionales, ya que representa el ingreso primario que los productores reciben por haber utilizado un capital determinado, es decir correspondería a la remuneración del capital.

El segundo método es a través de técnicas econométricas, partiendo de una función de producción Cobb-Douglas que exprese la producción por unidad de trabajo en función al capital por unidad de trabajo. Las variables se transforman en logaritmos de manera a que se pueda determinar la elasticidad capital-producto para luego utilizar el método de mínimos cuadrados ordinarios.

Siguiendo a esta última metodología, como las variables tanto el capital y el producto por trabajador resultan integradas de orden 1  $I(1)$ , las estimaciones obtenidas podrían significar la presencia de una regresión espúrea. Sin embargo, se verifica la existencia de cointegración entre ambas variables y se estima el parámetro  $\alpha$  de manera consistente<sup>13</sup>.

El valor estimado es de 0,38 para la participación del capital en el producto y asumiendo retornos constantes a escala la participación del factor trabajo es de 0,62. Estos valores serán utilizados para realizar el ejercicio de contabilidad de crecimiento teniendo en cuenta las metodologías mencionadas anteriormente.

El valor calculado para la participación del capital en la economía resulta consistente comparado con otros estudios realizados sobre contabilidad de crecimiento, además de ser un valor aproximado al estándar utilizado para determinar la elasticidad capital-producto en la mayoría de los países que ronda el valor de 0,40.

Por ejemplo investigaciones realizadas por Acosta y Dabán (2011) fijan un valor de  $\alpha = 0,35$  mientras el trabajo hecho por Senhadji (1999) determina un valor de  $\alpha = 0,40$  para el caso de Paraguay.

A su vez, el trabajo realizado por Fernández y Monge(2003) determina un valor de  $1/3$  para la participación del capital en el producto, lo que considera un valor estándar en los ciclos como en la literatura de crecimiento económico.

De Gregorio (2005), a la hora de realizar el ejercicio de contabilidad de crecimiento establece unos supuestos de participación del trabajo de 0,60 y participación del capital de 0,40 para el caso de la economía chilena.

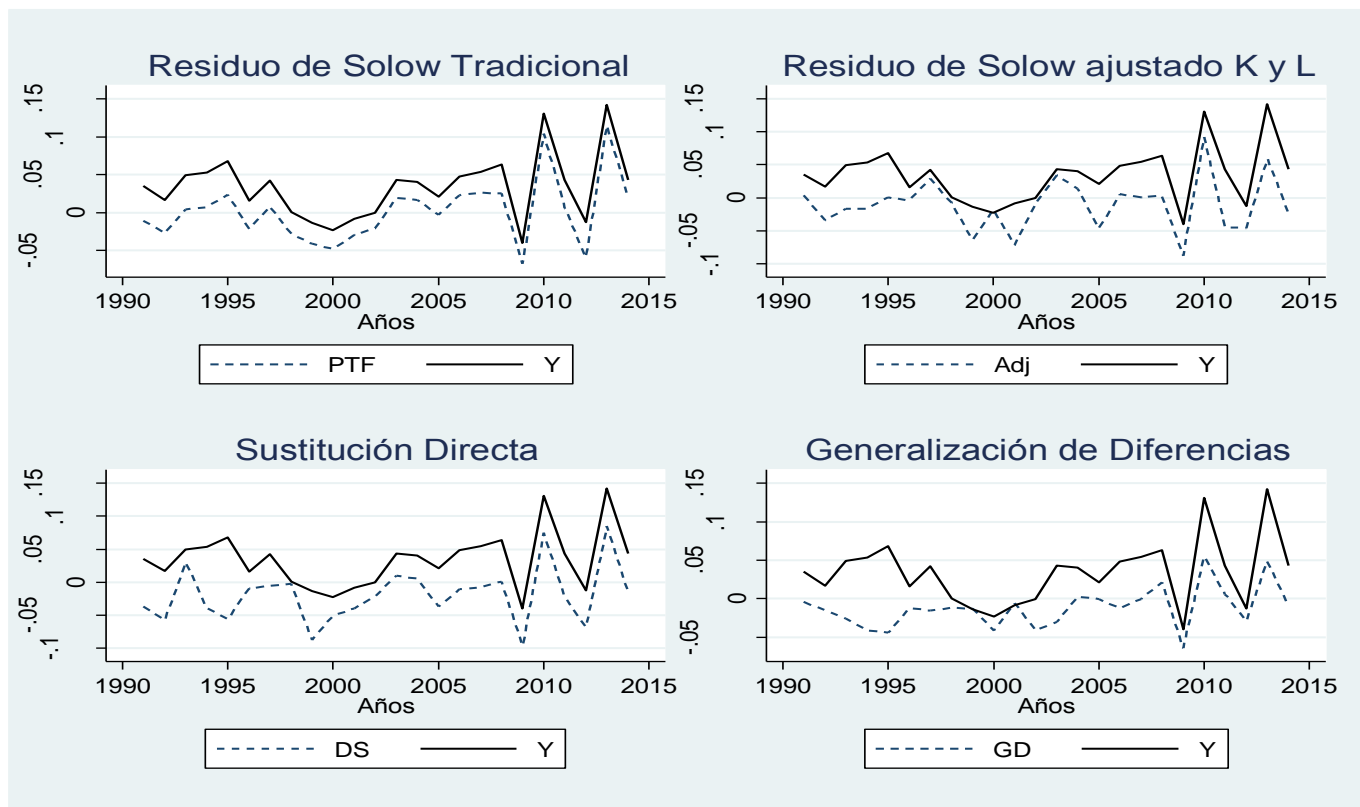
De igual manera en una investigación realizada por Coremberg (2010), en una muestra de 41 países establecen un valor promedio de  $\alpha = 0,40$  y para el caso de la Argentina determinan un valor de la elasticidad capital-producto de 0,48.

---

<sup>13</sup>La prueba de raíz unitaria se encuentra en el anexo 2

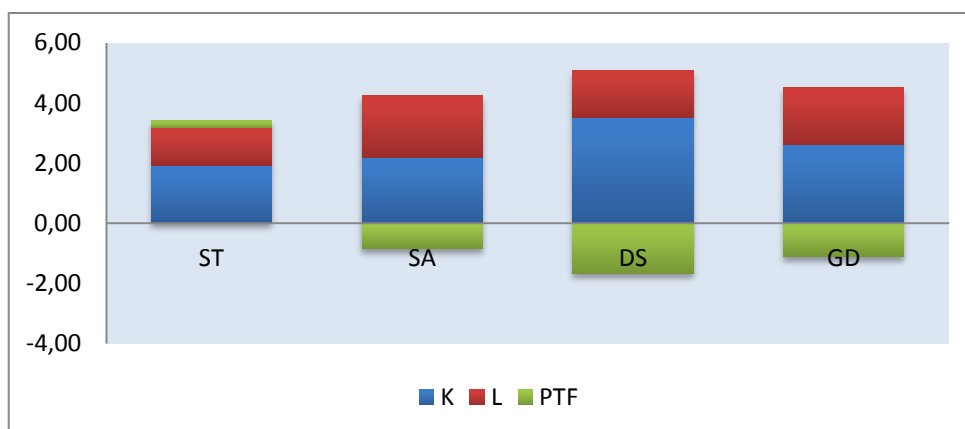
## VIII. Análisis de los Resultados de la Estimación de la Productividad Total de Factores

**Gráfico 3: Evolución del PIB y de la PTF (tasas de crecimiento interanual)**



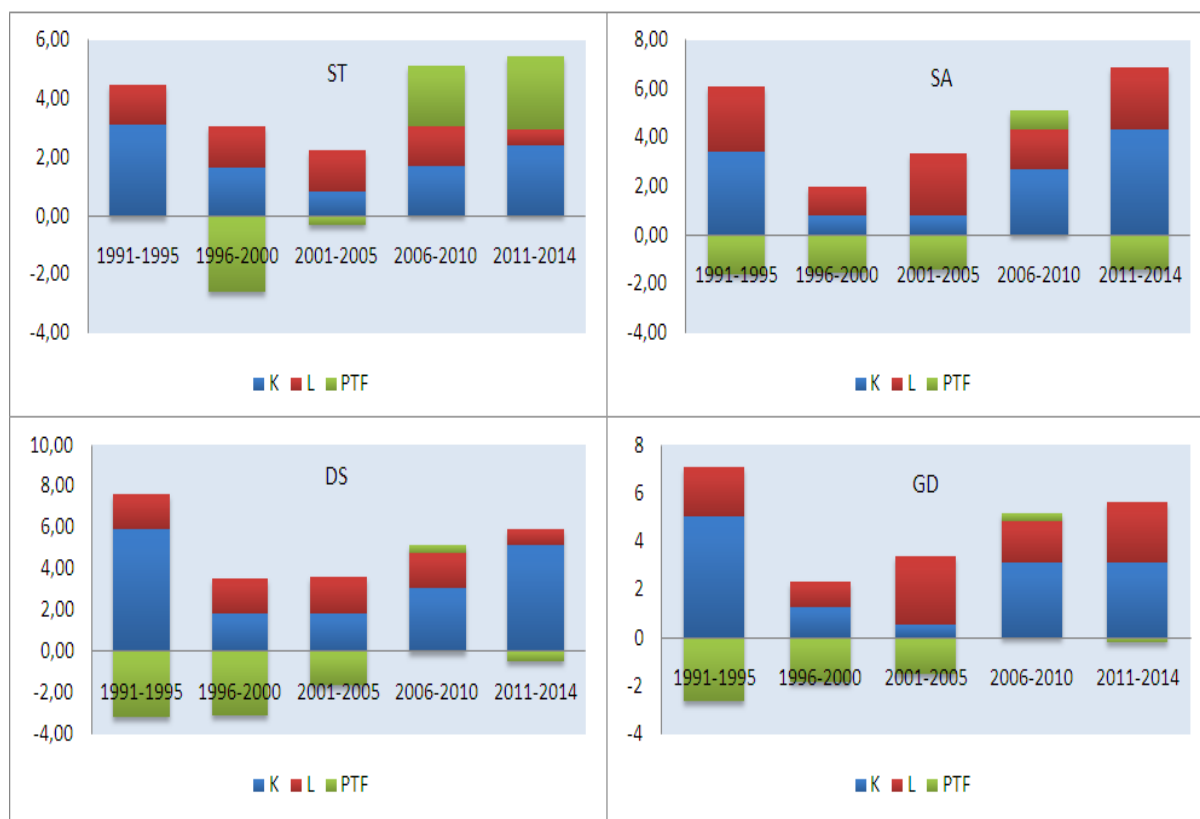
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 4: Determinantes del Crecimiento Económico – Varias Metodologías. En %.** (Período 1991-2014)



Fuente: Elaboración propia. (ST: residuo de Solow tradicional, SA: residuo de Solow ajustado, DS: Sustitución directa, GD: Generalización de diferencias)

**Gráfico 5: Determinantes del Crecimiento Económico por tipo de metodología y sub-periodos. En %.**



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 3 se puede apreciar la evolución del PIB y de la PTF según las 4 metodologías señaladas anteriormente. Observamos que para el caso de la estimación de la PTF a la manera tradicional existe una alta correlación entre ambas variables ( $r=0,98$ ) donde esto es signo evidente de que la PTF sin ningún tipo de ajuste captura todo el ciclo económico. Una vez que se realizan los ajustes por utilización de los factores productivos el coeficiente de correlación disminuye.

Como se puede apreciar en el gráfico 3 las líneas de ambas variables están menos juntas y se reduce la prociclicidad. Para la metodología de ajuste del capital por el consumo de energía eléctrica y ajuste del factor trabajo por la calidad de la fuerza laboral el coeficiente de correlación disminuye a 0,81. Para el caso de la metodología de Sustitución directa el coeficiente de correlación es de 0,80 mientras que con el método de Generalización de diferencias el coeficiente de correlación es de 0,71. Esto demuestra que el ajuste de los factores de producción es necesario para obtener una mejor estimación de la PTF, y atenuar que la misma capture movimientos del capital o del trabajo ajeno al cambio del progreso técnico.

Analizando el gráfico 5 observamos que el factor capital es el principal determinante del crecimiento económico en los últimos años. Entre los periodos 1996-2000 la PTF

decreció en una considerable magnitud lo que explica el bajo crecimiento en ese lapso, apenas del 0,4% promedio anual<sup>14</sup>. En esta etapa la caída de la productividad puede explicarse por el periodo de inestabilidad política y la incertidumbre que acompañaba al sistema financiero tras una serie de quiebra de bancos y financieras que desestabilizó la confianza hacia este sector. El aumento en el costo del crédito y la disminución de las inversiones repercutió en que el producto demuestre un bajo crecimiento.

Aunque el capital ha sido el factor principal en el desempeño económico del Paraguay entre los periodos 2001 y 2005 se observa que el factor trabajo fue uno de los principales aportantes del crecimiento económico, como se aprecia en las metodologías 1, 2 y 4 el trabajo, mientras en la metodología 3 el factor trabajo se aproxima al valor del aporte del capital. Dado que al desagregar el factor trabajo<sup>15</sup> nos revela que el incremento de los años promedio de estudio tiene una incidencia poco importante en la contribución al PIB entonces este comportamiento de la mano de obra puede deberse al fenómeno llamado “*labor hoarding*” o atesoramiento del trabajo<sup>16</sup> donde las empresas durante las fases recesivas del ciclo pueden continuar empleando trabajadores aunque no los necesiten en busca de tenerlos a su disposición cuando la economía se recupere o se encuentra en etapa de expansión.

En los periodos 2006-2010 la economía paraguaya creció a una tasa anual promedio del 5,1%, donde el resultado de una serie de reformas estructurales<sup>17</sup> instauradas anteriormente empezó a tener los resultados esperados. Los resultados de las 4 metodologías para el cálculo de la PTF son consistentes. Durante este periodo la PTF tuvo un crecimiento positivo y significativo después de una serie de incidencia negativa en el producto. En este lapso se destaca mejoramiento de las condiciones macroeconómicas y un favorable desempeño de los términos de intercambio.

No obstante, al analizar los principales determinantes del crecimiento en este periodo las metodologías varían en sus resultados. Por ejemplo en la metodología 1 nos dice que el incremento de la PTF fue el principal factor explicativo en el crecimiento del PIB agregado sin embargo las demás metodologías nos revelan que fue el aporte del capital lo que ayudó a potenciar el incremento del PIB.

---

<sup>14</sup>En el Anexo 3 se muestran las tablas de la contribución de los factores de producción al PIB agregado según las metodologías descritas.

<sup>15</sup>Estos datos se encuentran en el Anexo 4. Además es necesario considerar que el escaso aporte del capital humano puede explicarse por el lado de la gran cantidad de empleo absorbido por el sector informal (alrededor del 39,4% de la población ocupada asalariada no cuenta con un contrato de trabajo según lo reportado por la EPH-2014), de poco valor agregado, fuerza de trabajo extensiva y que no requieren un alto grado de escolaridad.

<sup>16</sup>Mankiw, N. (1989) , Burnside, C., Eichenbaum, M., and Rebelo, S. (1990)

<sup>17</sup>Por ejemplo la Reforma tributaria del año 2004, la creación de la Red de Inversiones y Exportaciones (REDIEX) dependiente del Ministerio de Industria y Comercio y la creación de la Agencia Financiera de Desarrollo (AFD) en el año 2005.

De la misma manera en los periodos 1991 y 2014 (ver gráfico 4) la metodología tradicional nos indicaría que alrededor de los últimos 20 años en promedio la PTF tuvo un leve crecimiento y su incidencia fue positiva en la generación del PIB. Sin embargo, usando las metodologías 2, 3 y 4 nos resalta que fue el aporte del capital el factor que ha sostenido el crecimiento en los últimos años contrarrestando en gran medida el desempeño negativo de la PTF.

Hecho similar ocurre en el periodo comprendido durante los últimos 4 años (2011-2014) con una tasa de crecimiento promedio anual del 5,4% y donde las fuentes de crecimiento está representado por el capital y por el aporte de la PTF según lo estimado por el residuo de Solow Tradicional. Sin embargo las demás metodologías nos señalan que la PTF no tuvo una incidencia relevante en la generación del producto agregado, sino más bien tuvo un comportamiento decreciente, y donde el capital físico y la mano de obra fueron los principales determinantes del crecimiento económico tanto para las metodologías 2 y 4 mientras que la metodología 3 enfatiza la incidencia del capital y un leve aporte de la mano de obra en el producto.

## **IX. Conclusiones**

El estudio de la evolución de la Productividad Total de Factores nos permite conocer la eficiencia con que cuenta la economía al transformar los factores de producción en la generación del producto final agregado. En ese sentido la teoría tradicional de los determinantes del crecimiento económico propuesto por Solow establece que la tecnología o también llamada PTF repercutirá en contar con tasas de crecimiento más elevadas, mejoras en la eficiencia productiva además de constituirse en el factor determinante en el crecimiento a largo plazo.

Dado que la política económica de un país busca encontrar las mejoras estrategias y decisiones en beneficio de un crecimiento económico sostenible resulta necesario analizar las principales fuentes de crecimiento que posee el país, y en base a ello establecer acciones encaminadas a mejorar y potenciar la acumulación de los factores de producción o establecer políticas en busca de incrementar la productividad con que se utilizan esos factores de producción.

En vista a que la metodología tradicional de Solow para el cálculo de la PTF y de las fuentes de crecimiento adolecen de problemas que pueden implicar estimaciones imprecisas, en el presente trabajo hemos propuesto varios métodos para el cálculo de la PTF y de esa manera obtener estimaciones que no involucren errores de medición. Para ello realizamos el ejercicio de contabilidad de crecimiento con 4 metodologías diferentes donde se destacan la manera tradicional del cálculo de la PTF y 3 maneras alternativas.



Los resultados constituyen diferencias significativas en cuanto a los principales determinantes del crecimiento económico así como también similitudes en algunos periodos. La estimación de la PTF revela que al incorporar variables que miden la utilización de algún factor productivo a lo largo del ciclo económico se puede sanear el cálculo del residuo de Solow de los efectos que puede tener la demanda en cualquier fase del ciclo.

Tomando como referencia el periodo comprendido entre los años 1991 y 2014 el cálculo tradicional del residuo de Solow nos diría que hubo un mejoramiento en términos del crecimiento de la productividad, sin embargo cuando ajustamos por los factores de utilización el crecimiento de la productividad no ha tenido una incidencia positiva en el producto.

Así mismo existen similitudes de resultados en las etapas más altas del ciclo económico como también en los periodos de mayor contracción. Por ejemplo el crecimiento negativo de la PTF repercutió que en los años 1996 y 2000 el PIB apenas creciera en promedio 0,4% anual. Así mismo en el periodo comprendido entre los años 2006-2010 y con un crecimiento del PIB en promedio del 5,1%, el incremento de la PTF permitió potenciar el aumento del producto no siendo el principal determinante del crecimiento del PIB pero aportando significativamente, a excepción de la metodología tradicional donde en esta etapa el incremento de la PTF fue el principal determinante.

Se evidenció que las reformas estructurales instauradas entre los años 2004 y 2005 repercutieron positivamente en el leve desempeño de la PTF lo que permitió potenciar el crecimiento económico durante los años 2006-2010, etapa donde el PIB crecía a una tasa promedio del 5,1%.

Los resultados del ejercicio de contabilidad de crecimiento realizado en las 4 metodologías revelaron que la tecnología no es un factor determinante o al menos su incidencia en el producto es poco significativa. A su vez, el factor capital ha sido el principal determinante en el crecimiento económico en los últimos años donde en varios periodos ha contrarrestado el comportamiento negativo de la PTF.

Si bien ha existido periodos donde la PTF tuvo un crecimiento importante y repercutió positivamente en el PIB durante los últimos 20 años la PTF tuvo un desempeño negativo en términos de su contribución al crecimiento del producto agregado. Esto ayuda a explicar que durante los periodos 1991 y 2014 la baja tasa de crecimiento promedio del orden del 3,4% es atribuible a una caída de la productividad agregada de alrededor del 1,1% y 1,6% según lo reportado por las metodologías alternativas. La implicancia de estos resultados demuestra que en ausencia de cambios de productividad más intensos e innovaciones tecnológicas, puede representar una restricción al crecimiento de largo plazo considerando principalmente la limitación en la acumulación de los factores de producción.

De la investigación se obtienen dos conclusiones principales: como el factor capital es el principal determinante las políticas orientadas en agresivas tasas de inversión repercutirán en un impacto significativo en el crecimiento económico, al menos a corto plazo. A largo plazo considerando la limitación en la acumulación del capital, principalmente por la capacidad de ahorro del país estas políticas ya no tendrán el impacto esperado por lo que la alternativa que surge para un crecimiento sostenido es enfocarse en el establecimiento de políticas que mejoren la productividad agregada y ayude a mejorar la eficiencia en la utilización de los factores de producción, ya sea por la vía de adquisición de nuevas tecnologías, acciones encaminadas a la investigación y desarrollo, fomento de la inversión extranjera, entre otras opciones de política.

#### X. **Bibliografía:**

- Acosta S. y Dabán T. (2011). “Informe Sobre Paraguay,” Fondo Monetario Internacional. Informe del país del FMI No. 11/239, pp. 6-8
- Berlemann M., y Wesselhöft J. (2012) “Estimating Aggregate Capital Stocks Using The Perpetual Inventory Method: New Empirical Evidence for 103 Countries,” Helmut-Schmidt-Universität. Universität der Bundeswehr Hamburg.
- Burda, M. and Severgnini, B. (2014) “Solow residual without capital stocks,” Journal of Development Economics 109, pp. 155-168
- Burnside C., Eichenbaum M., and Rebelo S. (1995) “Capital Utilization and Return to Scale,” National Bureau of Economic Research, Vol. 10, pp.67-124.
- Burnside, C., Eichenbaum, M., and Rebelo, S. (1990), “Labor Hoarding and the Business Cycle,” National Bureau of Economic Research, Working Paper N° 3556.
- Coeymans J. (2009). “Determinantes de la Productividad Total de Factores en Paraguay: ¿Factores de Corto o Largo Plazo?” Documento de Trabajo, Pontificia Universidad Católica de Chile – Instituto de Economía, pp.10-27.
- Coremberg, A., y Pérez, F. (2010) “Fuentes de Crecimiento y Productividad en Europa y America Latina,” Editorial: Fundación BBVA.
- De Gregorio J. (2005). “Crecimiento económico en Chile, Evidencia, Fuentes y Perspectivas”. Documento de trabajo N° 298.

- Fernández, C. y Monge A. (2004) “Economic Growth in Paraguay”. Economic and Social Study Series. RE1-04-009. Inter-American Development Bank. pp. 8-24.
- Fuentes, R., Larraín, M., y Schmidt-Hebbel, K. (2004) “ Fuentes de Crecimiento y Comportamiento de la Productividad Total de Factores en Chile”, Banco Central de Chile, Documento de trabajo N° 287
- Goldsmith, R. (1955): “The National Wealth of the United States in the Post-war Period,” Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Jorgenson, D. and Griliches, Z. (1967): “The Explanation of Productivity Change,” Review of Economic Studies 34, 249–283
- Mankiw, N. (1989), “Real Business Cycle: A New Keynesian Perspective,” Journal of Economic Perspectives, Vol. 3 N° 3, pp. 79-90
- Mankiw, N. G., D. Romer, and D. weil ((1992) “A Contribution to the Empirics of Economics Growth,” The Quarterly Journal of Economics 107, pp.415-423.
- Mathias, P. and Postan, M. (1978), “The Cambridge Economic History of Europe,” Vol. 7 Cambridge University Press - United Kingdom.
- Phillips, P. and Ouliaris, S. (1990) “Asymptotic Properties of Residual Based Tests for Cointegration,” Econometrica, Econometric Society, vol. 58
- Romer P. (1986), “Increasing returns and long-run growth,” Journal of Political Economy, Vol. 94, N° 5, pp. 1010-1034.
- Solow, R.(1956), “A Contribution to the Theory of Economic Growth”, The Quarterly Journal of Economics, Vol. 70, No. 1, pp. 65-94
- Usher, D. (1980) “The Measurement of Capital,” National Bureau of Economic Research, Studies in Income and Wealth Vol.45

## XI. Anexos

### Anexo 1: Resultados de la regresión econométrica (Periodo 1980-2014)

Variable	Coef.	t-statistic	p-value
Intercept	4.64 (0.16)	3.07	0.003
logk	0.38 (0.25)	3.52	0.001
R-squared	0.9635		
Ad R-squared	0.9612		
Root MSE	0.0647		
F( 2 , 32 )	421.89		
Prob>F	0.0000		

Obs: Los errores estándares son los números entre paréntesis

### Anexo 2: Test de Estacionariedad del Residuo

Augmented Dicky-Fuller Unit Root Test	
Test Statistic	-4.105
1% Critical Value	-4.363
5% Critical Value	-3.800
10% Critical Value	-3.518
<i>p-value</i>	0.001

Obs: Para la prueba de cointegración los valores críticos fueron extraídos de la tabla propuesta por Phillips y Ouliaris (1990)

### Anexo 3: Cálculo del Residuo de Solow – Varias Metodologías (En %)

Periodos	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2014	1991-2014
<b>Metodología 1 - Residuo de Solow tradicional</b>						
<b>PIB</b>	4,45	0,44	1,93	5,14	5,42	3,40
<b>K</b>	3,09	1,65	0,83	1,69	2,38	1,91
<b>L</b>	1,39	1,38	1,41	1,37	0,58	1,26
<b>PTF</b>	-0,04	-2,59	-0,31	2,08	2,46	0,23
<b>Metodología 2 - Residuo de Solow ajustado por utilización de K y calidad de L</b>						
<b>PIB</b>	4,45	0,44	1,93	5,14	5,42	3,40
<b>K</b>	3,42	0,80	0,78	2,72	4,32	2,19
<b>LH</b>	2,66	1,16	2,57	1,61	2,52	2,06
<b>PTF</b>	-1,63	-1,52	-1,42	0,81	-1,42	-0,85
<b>Metodología 3 - Sustitución Directa</b>						
<b>PIB</b>	4,45	0,44	1,93	5,14	5,42	3,40
<b>K</b>	5,92	1,82	1,83	3,08	5,18	3,50
<b>L</b>	1,74	1,72	1,76	1,71	0,73	1,56
<b>PTF</b>	-3,20	-3,10	-1,66	0,35	-0,49	-1,67
<b>Metodología 4 - Generalización de Diferencias</b>						
<b>PIB</b>	4,45	0,44	1,93	5,14	5,42	3,40
<b>K</b>	5,06	1,29	0,54	3,11	3,10	2,60
<b>L</b>	2,00	1,02	2,86	1,75	2,53	1,90
<b>PTF</b>	-2,61	-1,87	-1,48	0,28	-0,21	-1,11

### Anexo 4: Residuo de Solow desagregado el factor trabajo (En %)

Periodos	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2014	1991-2014
<b>Residuo de Solow ajustado por utilización del capital y desagregado el factor trabajo</b>						
<b>PIB</b>	4,45	0,44	1,93	5,14	5,42	3,40
<b>K</b>	3,73	0,71	0,88	3,14	4,32	2,19
<b>L</b>	2,42	1,14	2,43	1,42	2,34	1,85
<b>H</b>	0,24	0,02	0,14	0,19	0,18	0,21
<b>PTF</b>	-1,63	-1,52	-1,42	0,81	-1,42	-0,85