

Suárez, Fernando

Estimación de una función de producción agregada : Argentina 1975-2006. Aplicaciones al crecimiento económico

Ensayos de Política Económica N° 4, 2010

Este documento está disponible en la Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina, repositorio institucional desarrollado por la Biblioteca Central "San Benito Abad". Su objetivo es difundir y preservar la producción intelectual de la institución.

La Biblioteca posee la autorización del autor para su divulgación en línea.

Cómo citar el documento:

Suárez, F. (2010). Estimación de una función de producción agregada : Argentina 1975-2006. Aplicaciones al crecimiento económico [en línea], *Ensayos de Política Económica*, 4. Recuperado de <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/revistas/estimacion-funcion-produccion-agregada-argentina.pdf> [Fecha de consulta:.....]

(Se recomienda indicar fecha de consulta al final de la cita. Ej: [Fecha de consulta: 19 de agosto de 2010]).

Estimación de una función de producción agregada: Argentina 1975-2006. Aplicaciones al crecimiento económico

Fernando Suárez¹

Resumen

El presente trabajo estima distintas funciones agregadas de producción para la Argentina entre los años 1975 y 2006, con el objetivo de determinar la que resulta más apropiada para describir el proceso productivo argentino.

Una vez obtenidas dichas funciones de producción, las mismas se aplican al estudio de la productividad total de los factores, a la determinación del producto potencial y a establecer la contribución al crecimiento de los factores productivos involucrados.

Este estudio revela el paulatino deterioro de la productividad total de los factores en dicho período, a pesar de haber atravesado períodos de crecimiento en la convertibilidad de los '90 y la recuperación posterior a la crisis de 2002. Se verifican varios episodios de recalentamiento de la economía, donde el producto observado supera al potencial, y pone en evidencia una matriz de crecimiento basado en acumulación de factores y no en productividad e innovación.

Abstract

This paper estimates different aggregated production functions for Argentine between the years 1975 and 2006, with the object to determine which of them are the most suitable for describing the productive process of the country.

Once this goal is achieved, the functions are applied to study the total factor productivity, to determine the potential output, and to establish the growth contribution of the factors involved.

This study reveals the gradual deterioration of the total factor productivity in that period, despite of crossing periods of growing in the '90 convertibility and the following recovery to the 2002 crisis. Several episodes of heating of the economy are verified, where the actual output overcome the potential output, and highlights a growth matrix based in factor accumulation instead of productivity and innovation.

Keywords: Función de producción, Productividad de factores, Producto potencial

JEL Classification: [C10] [F43] [O47] [O54]

1.- Ingeniero, Profesor de estadística en Facultad de Ingeniería (UCA), MA en economía aplicada (UCA), suarezfernando@hotmail.com

1. Introducción

Las altas tasas de crecimiento del producto experimentadas por Argentina en los últimos años, unidas al hecho de una inusual prolongación de las mismas en el tiempo, han vuelto una vez más a plantear el debate respecto al origen de dicho crecimiento y su sustentabilidad en el largo plazo.

Asimismo la gran recuperación de la economía luego de la profunda crisis sufrida por el país en 2002, como consecuencia de la caída del régimen de convertibilidad, es otro hecho que invita al análisis respecto a la naturaleza del mismo.

Estos fenómenos nos remiten a preguntarnos por los factores que intervienen en este proceso, para determinar si el mismo puede continuar en los mismos términos, o bien si es de naturaleza “extensivo”, entendiendo por esto que el crecimiento del producto se debe al aumento de la cantidad de los factores empleados, o “intensivo”, es decir, si el mismo es originado por un mejor aprovechamiento de los factores empleados debido a la utilización de una tecnología más eficiente. Otra cuestión no menor además de las precedentes es la de determinar si dicho crecimiento es debido a un cambio estructural o bien forma parte de un consabido proceso cíclico que en algún momento invertirá su sentido.

El presente trabajo pretende en primer lugar estimar una función de producción agregada de la economía Argentina que sirva como un instrumento de predicción, y mediante la utilización de la misma aplicarla a responder a los interrogantes planteados.

A diferencia de otros planteos que postulan a priori una determinada función de producción a estimar, la opción elegida para este trabajo consiste en probar distintas funciones de producción, con distintos supuestos para cada una de ellas y luego determinar cual de ellas resulta más apropiada a los efectos del desarrollo del trabajo.

El período elegido para este estudio que se extiende de 1975 a 2006 está dividido en cuatro etapas signadas por diferentes contextos políticos y económicos: a partir de 1975 hasta 1981, etapa caracterizada por una moderada apertura que se cierra con la guerra de Malvinas; el período siguiente signado por el cierre de la economía, que comienza en 1982 y se cierra con la crisis hiperinflacionaria de 1989-1990; los años que van desde 1991 hasta 2001, marcados por la convertibilidad, la apertura de la economía y la crisis del Tequila en 1995, y que se cierran con la crisis de 2001; y el tramo final que va de 2002 a 2006 caracterizado por la devaluación, recuperación y alto crecimiento.

La elección de dicho período permite comparar la heterogeneidad de políticas y situaciones coyunturales dentro de los límites en los cuales se puede contar con una tecnología dada, disponiendo así con una cantidad de años suficientes para poder lograr una estimación con un ajuste aceptable dadas las variables explicativas utilizadas.

Tras la obtención de la función de producción agregada el trabajo puede extenderse entonces al análisis de la productividad de los factores, a determinar el producto potencial y la brecha del producto, y a verificar la contribución al crecimiento de cada uno de los factores. Asimismo es posible predecir el producto potencial para algunos años siguientes al período de estudio, con el objeto de inferir la posible presión inflacionaria.

2. Experiencias anteriores

Han habido en el transcurso de estos años distintos intentos por estimar una función de producción agregada para Argentina, en donde algunos de ellos coinciden parcialmente con el período pretendido por el presente estudio.

Existen numerosos trabajos que estiman una función de producción agregada de tipo Cobb-Douglas, en donde los coeficientes de participación del trabajo son tomados de Cuentas Nacionales para un año dado, con el objetivo de determinar el producto potencial y la brecha de producto. Los mismos serán revisados no aquí, sino en el acápite correspondiente a las estimaciones del producto potencial.

Otros intentos apuntan a estimar una función de producción para un sector dado de la economía (generalmente el agropecuario), un ejemplo precursor de esto lo encontramos en Elías (1983) para ese sector en cuestión.

El mismo Elías (1989) estima también una función de producción de tipo Cobb-Douglas para un grupo de siete países de América Latina. En el mismo sentido Hofman (1990) aplica el mismo concepto para estudiar el crecimiento económico y el desempeño de nueve países de América Latina.

Sin embargo, dada la naturaleza del presente trabajo, citaremos a continuación aquellas iniciativas que se centraron en una estimación econométrica exclusivamente para la Argentina, mediante la utilización de series de PBI, stock de capital y empleo.

En su ensayo, Aldabe (1965) estima una función de producción agregada de tipo Cobb-Douglas para los años que van de 1947 a 1961, derivando del mismo algunas conclusiones relativas a la verificación de las propiedades teóricas de la función de producción obtenida y a la naturaleza del desarrollo experimentado por el país durante esos años.

Con el objetivo de lograr una interpretación de largo plazo del proceso de crecimiento industrial argentino de posguerra, Katz (1969) estima una función de producción de tipo CES para el período de 1946 a 1961, centrando su estudio a las fuentes del crecimiento y discutiendo el rol de la acumulación del capital como factor del cambio tecnológico.

A partir de la evidencia empírica, Dichiara (1980) efectúa distintas estimaciones de funciones de producción, a saber, una de tipo Cobb-Douglas y otra de tipo CES para la economía argentina en los años que van de 1950 hasta 1973. Intenta fundamentalmente estudiar las elasticidades de escala y de sustitución, como asimismo la naturaleza y el comportamiento del progreso técnico.

En una interesante aplicación donde se comparan las tasas de crecimiento de la productividad total de los factores de Argentina con las de algunas economías recientemente industrializadas del este de Asia, Lanteri (1999) estima una función de producción translogarítmica para los años que van de 1977 a 1998, con la que logra determinar cuál es la contribución de dicha productividad total de factores al crecimiento económico.

Quizás el trabajo más conocido y típicamente citado es el de Meloni (1999), quien reproduciendo para la Argentina un intento de Roldós (1997) para el caso chileno, estima varias funciones de producción de tipo Cobb-Douglas para los años que van de 1980 hasta 1997, las cuales son

aplicadas al cálculo del producto potencial, el estudio de la productividad total de los factores y la contribución al crecimiento.

3. Metodología aplicada

A continuación describiremos la metodología utilizada para la obtención de las series necesarias para la estimación de la función de producción agregada de la economía Argentina, a saber, el producto y los insumos empleo y stock de capital.

Las fuentes de las restantes series necesarias para el cálculo de los distintos índices de calidad son mencionadas en las secciones correspondientes. La metodología aplicada para la estimación de las distintas formas propuestas para la función de producción corresponderá analizarla en particular para cada una de ellas.

3.1 Serie de PBI real

La serie de PBI expresada en pesos constantes del año base 1993 fue obtenida de Maia y Nicholson (2001). Dicho trabajo se encuentra actualizado hasta 2004, por lo cual los años faltantes (2005 y 2006) se obtuvieron de la Dirección Nacional de Cuentas Nacionales.

Gráfico 1



3.2 Serie de empleo

La serie de empleo expresada en miles de puestos de trabajo fue obtenida de Maia y Nicholson (2001). Debido a una actualización parcial de dicho trabajo en 2005 tenemos la ventaja de contar con una serie correspondiente al total del país, y no solo de población urbana, en base a estimaciones propias de los autores.

Para los años faltantes (2005 y 2006) se estimó el empleo correspondiente al total del país mediante la tasa de empleo urbana y la población total del país, estimada esta última según proyecciones construidas con datos del Censo Nacional de 2001, suponiendo que dicha tasa se comporta de la misma manera a nivel nacional. Todos estos datos se obtuvieron del INDEC.

3.2.1 Índice de calidad del empleo

Para no introducir distorsiones que se trasladarían en la estimación de la función de producción a la productividad total de los factores, resulta de suma importancia ajustar la serie de empleo con un índice de calidad.

Dicho índice se puede obtener teniendo en cuenta varios procedimientos y variantes derivadas de la contabilidad del crecimiento pero que tienen origen en un principio fundamental: el producto debe equiparar a lo que se paga por los factores empleados para producirlo.

Es decir:

$$Y = \sum_{i=1}^n w_i L_i + \sum_{j=1}^m r_j K_j \quad (3.1)$$

Si calculamos la tasa de cambio $\frac{\dot{Y}}{Y}$, donde $\dot{Y}$ representa la derivada de Y respecto al tiempo, esta tasa de cambio se puede descomponer en dos componentes correspondientes a los insumos empleo y stock de capital, y en dos componentes correspondientes a la calidad de dichos insumos

Para el factor empleo exclusivamente, el componente de calidad resulta:

$$\hat{Q}(L) = \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{\bar{w}} l_i \quad (3.2)$$

en donde $\bar{w} \equiv \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{L} w_i$ representa el salario promedio de la economía, y $l_i \equiv \frac{L_i}{L}$ representa la participación de cada categoría laboral en el empleo total de la economía.

Este índice de calidad del empleo tiene en cuenta la heterogeneidad del trabajo según las distintas habilidades y por extensión refleja las diferencias de productividad de cada categoría laboral. En esencia es un promedio ponderado del cambio en las participaciones de cada categoría de empleo, donde los factores de ponderación surgen de los salarios relativos de cada categoría laboral respecto al promedio de salarios de toda la economía.

Resta elegir una variable que nos permita categorizar el empleo de forma conveniente, y que cada categoría capture de forma conveniente las distintas productividades. La variable más conveniente para el caso es la educación.

Siguiendo a Meloni (1999), se empleó la Encuesta Permanente de Hogares (EPH) brindada por el INDEC, analizando los ingresos de los ocupados del Gran Buenos Aires (GBA) como muestra representativa para todo el país, según cuatro categorías definidas del siguiente modo:

- Categoría 1: personas sin instrucción o con estudios primarios incompletos.
- Categoría 2: personas con estudios primarios completos o con estudios secundarios incompletos (incluye Nacional, Comercial o Técnico).
- Categoría 3: personas con estudios secundarios completos o superior incompleto (incluye Universitario o no Universitario).
- Categoría 4: personas con educación superior completa.

El índice puede ser calculado a partir de la ecuación (3.2) sin inconvenientes. Sin embargo sólo se dispone de las EPH en formato digital de los años 1974, desde 1980 hasta 1982, y desde 1985 hasta 2002. De 1984 sólo se cuenta con la versión preliminar, y desde 2003 hasta 2006, la encuesta no es puntual sino continua.

Para resolver este problema se consultó material de archivo en el INDEC, con lo cual se pudieron obtener datos de las participaciones de cada categoría laboral para los años 1975, 1977, 1983 y 1984. Con estos datos se pudo calcular el índice para los años que van de 1975 a 1980, interpolando los años faltantes y manteniendo sin variación los salarios relativos. De forma similar se calcularon los índices para los años 1983 y 1984.

Se calculó sin problemas el índice para los años 1981 y 1982 con la ecuación antes mencionada. Asimismo se replicaron para los años desde 1985 hasta 2002 los valores del índice obtenidos por Maia y Kweitel (2003).

Debido al cambio de metodología introducido a partir de 2003 con la EPH continua, se estimaron los años desde 2003 a 2006 mediante una proyección lineal del logaritmo natural del índice de los años anteriores.

Gráfico 2



De 1975 a 1985 el índice no representa un factor de ajuste importante. A partir de 1985 el índice comienza a crecer, probablemente a causa del establecimiento del ingreso universitario irrestricto. Si bien mantiene siempre su tendencia positiva, el crecimiento de la productividad laboral es mayor entre los años 1995 y 1999.

Dado que hemos elegido a la variable educación para categorizar las habilidades laborales, la mejora en la instrucción recibida captura de forma aproximada las mejoras en productividad.

Del análisis de la EPH para el Gran Buenos Aires podemos cuantificar las participaciones de cada categoría laboral en el total del empleo.

En 1975 el 25,1 % de los trabajadores pertenecía a la primera categoría (sin instrucción o con estudios primarios incompletos) y el 5,58 % de los asalariados formaba parte de la última categoría (estudios superiores completos).

En 1990 el 8,69 % de los asalariados tenía educación correspondiente a la primera categoría, mientras que las personas con educación superior completa ascendían al 11,59 %.

Finalmente, en 2006, el 7,39 % de los asalariados pertenecía a la primera categoría y el 18,08 % poseía algún título correspondiente a educación superior.

3.3 Serie de stock de capital reproductivo

Para nuestro propósito de estimar una función de producción agregada para la economía Argentina, el stock de capital relevante no es el total, sino el stock de capital reproductivo, es decir, aquel que se utiliza para producir otros bienes.

Las series de stock de capital total y de stock de capital reproductivo expresadas en millones de pesos constantes del año base 1993 fueron obtenidas de Maia y Nicholson (2001), quienes las generan con el Método de los inventarios permanentes. Del mismo también se utilizaron las series de depreciación, calculadas con el método de depreciación geométrico.

Como ya lo mencionamos anteriormente, dicho trabajo se encuentra actualizado hasta 2004, por lo cual se calcularon los años faltantes (2005 y 2006) aplicando el mismo método, a partir de la siguiente ecuación:

$$K_t = (1 - \delta_t)K_{t-1} + I_t \quad (3.3)$$

La serie de inversión bruta interna fija se obtuvo de la Dirección Nacional de Cuentas Nacionales. Corresponde aclarar que uno de los componentes más importantes de la misma, como lo es la construcción, no discrimina entre construcción no residencial (que corresponde a capital reproductivo) de la construcción residencial (que no corresponde a capital reproductivo).

Para poder obtener la inversión correspondiente a construcción no residencial se consultaron en el INDEC los permisos de edificación otorgados y superficie cubierta autorizada por destino de obra, siendo el dato relevante en este caso no la cantidad de permisos sino la superficie cubierta.

Esta relación se cotejó con los valores históricos de los últimos años disponibles (2003 y 2004), quedando establecido que el porcentaje de construcción no residencial respecto del total es del 37 %.

3.3.1 Índice de calidad del capital

De la misma forma como se procedió para el empleo, resulta necesario ajustar la serie de stock de capital reproductivo con un índice adecuado, para no introducir distorsiones en la productividad total de los factores y en los coeficientes de las estimaciones de la función de producción agregada.

Para el factor stock de capital reproductivo exclusivamente, el componente de calidad resulta:

$$\hat{Q}(K) = \sum_{j=1}^m \frac{r_j}{\bar{r}} k_j \quad (3.4)$$

en donde $\bar{r} = \sum_{j=1}^m \frac{K_j}{K} r_j$ representa el retorno real del capital promedio de la economía, y $k_j = \frac{K_j}{K}$ representa la participación de cada categoría de capital en el stock de capital reproductivo total de la economía.

r_j representa el retorno real de capital de una categoría cualquiera, es decir el precio del servicio de capital de la misma si tuviéramos que salir a alquilar dicho bien al no disponer de él.

Lo ideal es disponer de los precios de mercado, pero al no poder contar con ellos, podemos estimarlos de acuerdo a la metodología de la contabilidad del crecimiento, con la siguiente expresión:

$$r_{j,t} = (1 + R_t) p_{j,t} - (1 - \delta_j) p_{j,t+1} \quad (3.5)$$

Donde R_t representa la tasa de interés de toda la economía, $p_{j,t}$ es el precio del stock de capital de la categoría j y δ_j corresponde a la depreciación. El único dato faltante para poder calcular el índice del capital es la tasa de interés de toda la economía, R_t .

Para que el precio del stock de capital de la categoría correspondiente refleje el correcto costo de uso del bien, debemos de excluir de la anterior expresión las ganancias de capital originadas por la variación interanual de los precios, con lo cual dicha expresión deviene en:

$$r_{j,t} = (R_t + \delta) p_{j,t} \quad (3.6)$$

La OECD (2001) en su manual para la medición del capital sugiere dos métodos para una estimación de R_t , utilizando un promedio de tasas de interés reales de mercado, o calculándola indirectamente a través del excedente bruto de explotación. Ambas alternativas presentan inconvenientes de aplicación y cálculo para nuestro país.

Descartamos el promedio de tasas reales de mercado debido a los ya conocidos episodios inflacionarios y de regulación de tasas de interés que Argentina ha sufrido, y que conducen a resultados erróneos y distorsivos.

Se optó en cambio por el cálculo indirecto a partir del excedente bruto de explotación, es decir, si obtenemos el excedente bruto de explotación, descontamos el impuesto a las ganancias y lo dividimos por el stock de capital, obtendremos una aproximación de la tasa de retorno real de la economía. Los valores utilizados deben ser calculados a precios corrientes.

Para los años que van de 1993 a 2006 los datos de la generación del ingreso total de la economía se obtuvieron de la Dirección Nacional de Cuentas Nacionales. Para los restantes años no disponemos de datos consistentes.

Los últimos datos oficiales disponibles de la distribución funcional del ingreso figuran en un trabajo del Banco Central de la República Argentina llamado "Sistema de Cuentas del Producto e Ingreso de la Argentina" que abarca el período desde 1950 hasta 1973.

Para poder estimar la retribución al capital para los años faltantes se recurrió al trabajo de Lindenboim, Graña y Kennedy (2005), quienes presentan distintos resultados para el mismo correspondientes a varias fuentes. Del mismo se extrajeron datos que permitieron obtener el ingreso capitalista, suponiendo por nuestra parte una participación del ingreso mixto del 20 %, de acuerdo a valores históricos.

Luego de deducir el impuesto a las ganancias, aproximado al 33 %, se obtuvo el excedente de explotación neto de impuesto a las ganancias, que al dividirlo por el stock de capital resulta la tasa de retorno real de la economía buscada, completando así la totalidad de los datos para el cálculo del índice de calidad del capital.

Cabe aclarar que dicha tasa de retorno real no es la tasa de interés real de la economía, dado que tiene incorporada la depreciación promedio de todos los bienes de capital. Para poder contar con el valor de la tasa de interés real de la economía, y así calcular luego el costo de uso para categoría de bienes de capital en particular, debemos despejarla haciendo uso de las ecuaciones de retorno promedio, y de costo de uso (3.6).

El índice de calidad del stock de capital tiene en cuenta la heterogeneidad de los bienes productivos según los distintos orígenes y destinos, y por extensión refleja las diferencias de productividad y retorno del capital según cada categoría. En esencia es un promedio ponderado del cambio en las participaciones de cada categoría de bienes productivos, donde los factores de ponderación surgen de los retornos relativos de cada categoría respecto al retorno del capital promedio de toda la economía.

Se trató en el presente trabajo mantener el mayor grado de apertura posible de las categorías de bienes de capital. Así las mismas resultan:

- Categoría 1: construcción no residencial.
- Categoría 2: maquinaria y equipo nacional.
- Categoría 3: maquinaria y equipo importado.
- Categoría 4: equipo de transporte nacional.
- Categoría 5: equipo de transporte importado.

El índice puede ser calculado a partir de la ecuación (3.4) de forma directa.

Gráfico 3



De 1975 a 1981 el índice no representa un factor de ajuste importante. A partir de 1982, el stock de capital reproductivo comienza a decrecer lentamente, al mismo tiempo que el índice de calidad del capital declina debido al drástico cierre de la economía como consecuencia de la Guerra de Malvinas.

Luego de la crisis hiperinflacionaria de 1989-1990 y como consecuencia del cambio de política, el stock de capital crece rápidamente, al mismo tiempo que el índice de calidad del capital también crece dada la incorporación de bienes de capital importado más productivos, como consecuencia de la apertura de la economía.

La crisis del Tequila en 1995 no afecta de manera pronunciada al stock de capital reproductivo (fijo por naturaleza). Como producto de la última gran crisis, el stock de capital reproductivo se ve muy afectado al mismo tiempo que el índice de calidad del capital, recuperándose ambos a partir de 2003.

Del análisis de la serie desagregada de stock de capital reproductivo vemos que de todas formas el ajuste no compromete grandes variaciones, como en el caso del empleo.

En 1975 la participación de la construcción no residencial era del 63,96 %, la maquinaria y equipo representaba un 29,53 %, y el equipo de transporte el 6,51 % restante.

En 1990, el 76,65 % correspondía a construcción no residencial, la maquinaria y equipo ascendía a un 20,44 %, y el equipo de transporte cubría el 2,91 % final.

Por último, en 2006, la construcción no residencial participaba con un 73,09 %, la maquinaria y equipo constituían el 21,69 %, y por último el equipo de transporte representaba el restante 5,22 %.

3.3.2 Utilización de la capacidad instalada

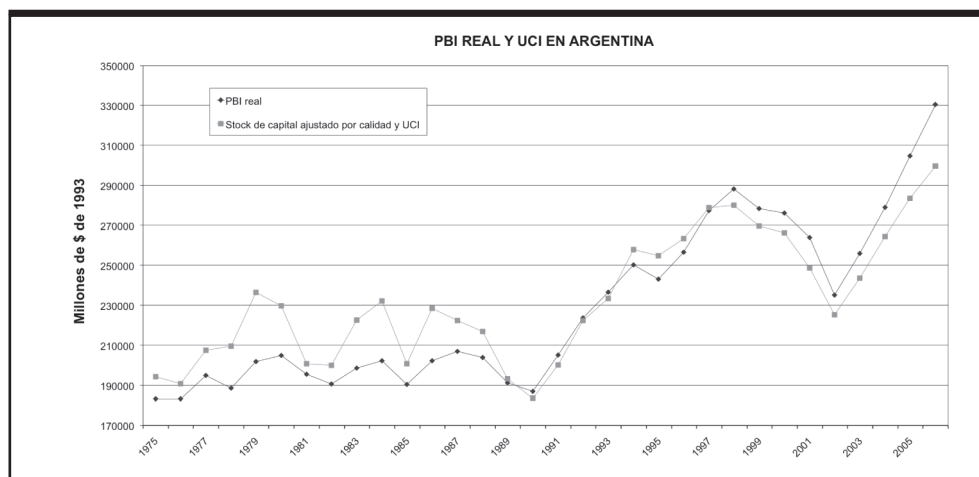
Si bien es cierto que para nuestro propósito el stock de capital relevante es el reproductivo, no debemos olvidarnos que el mismo sólo nos brinda información de la capacidad instalada. La misma es de característica contable, pero para poder estimar la función agregada de producción debemos utilizar el stock de capital efectivamente comprometido en la producción, es decir de la capacidad instalada utilizada.

Existen diferentes métodos para estimar este factor de utilización de la capacidad instalada (UCI), como ser la tasa de ocupación laboral, las horas trabajadas, el consumo de energía, y otros más.

Para nuestro caso utilizaremos el coeficiente de utilización de la capacidad instalada suministrado por FIEL, que lo viene proporcionando desde 1970.

Si bien el mismo surge a partir de una encuesta efectuada trimestralmente en la industria manufacturera, los sectores alcanzados son muy amplios y el coeficiente manifiesta una fuerte correlación con las variaciones de la demanda agregada, lo cual justifica su utilización.

Gráfico 4



4. Estimación de una función de producción agregada para la economía Argentina

Al disponer de los datos de producto, empleo, stock de capital reproductivo y los índices de calidad y UCI correspondientes, estamos en condiciones de llevar a cabo las estimaciones de la función de producción agregada para la economía Argentina.

En esencia el presente trabajo pretende probar distintas alternativas de funciones de producción, para verificar cuál de las mismas refleja con mayor propiedad el proceso productivo argentino.

La metodología para poder obtener las distintas estimaciones se referirá en cada sección particular, sin embargo conviene hacer una aclaración en general.

Los datos de producto, empleo y stock de capital corresponden a series de tiempo, en las cuales los valores del pasado influyen en los valores futuros. Por lo cual primero es necesario verificar si dichas series son estacionarias o no, para no caer en el caso de realizar regresiones espurias.

La verificación arroja que dichas series no son estacionarias. No tener en cuenta este hecho nos llevaría a obtener coeficientes incorrectamente estimados, aunque nos den significativos y con muy buen ajuste del modelo.

Para corregir dicho inconveniente vamos a recurrir a la utilización de variables dummies y de tendencia para modelizar la influencia de la tecnología en el cambio de nivel y tendencia de las series.

Del análisis del gráfico del producto podemos definir las variables dummies y de tendencia de la siguiente forma:

- una variable de tendencia: t .
- una variable de tendencia que refleje un cambio en el año 1990 debido a la fuerte inversión durante la convertibilidad: $t90$.
- una variable de tendencia entre los años 1999 y 2002 que tenga en cuenta la caída del producto: $trec$.
- una variable dummy que capture un cambio de nivel en el año 1990 debido a la crisis hiperinflacionaria: $d90$.
- una variable dummy que indique un cambio de nivel en el año 1995 causado por la crisis del Tequila: $d95$.
- una variable dummy que recoja un cambio de nivel en el año 2002 originado por la última gran crisis: $d02$.

Estas variables que creamos serán utilizadas en todas las regresiones, aunque no necesariamente deberán ser todas significativas.

4.1 Estimación de una función de producción Cobb-Douglas

Esta función de producción fue introducida en 1928 y es una de las más difundidas y aplicadas. Surgió cuando el Senador Paul Douglas le pide al matemático Charles Cobb que le sugiera una función que describa la relación entre las series de producción manufacturera, trabajo y capital para Estados Unidos entre 1899 y 1922.

Su expresión original está dada por:

$$Y = AL^{\alpha}K^{(1-\alpha)} \quad (4.1)$$

Esta función es homogénea de grado 1, es decir que exhibe rendimientos constantes a escala. El factor α es positivo, menor que 1 y corresponde a la elasticidad del factor trabajo, y por su parte el factor $1 - \alpha$ corresponde a la elasticidad del factor capital.

Una de las características que justifica su amplia utilización es que representa bien la constancia de las relaciones producto-trabajo y producto-capital que presentaban las series originales estudiadas.

4.1.1 Función de producción Cobb-Douglas bajo la forma intensiva

Manteniendo el supuesto de retornos constantes a escala, si dividimos ambos miembros de (4.1) por L y tomamos logaritmos, la expresión a estimar deviene en:

$$\ln\left(\frac{Y}{L}\right) = \ln(A) + (1 - \alpha)\ln\left(\frac{K}{L}\right) + \varepsilon \quad (4.2)$$

En la anterior especificación econométrica, el término ε representa las perturbaciones aleatorias o error del modelo. Es decir, el mismo resume el error cometido si las condiciones de competencia perfecta, vaciamiento de los mercados y los supuestos de los problemas de agregación antes mencionados no se cumplen de forma plena en la realidad.

Esta forma de estimar, que es conocida como la forma intensiva de la función de producción, presenta varias ventajas. En primer lugar la misma resulta ser lineal en sus logaritmos naturales, con lo cual puede ser estimada mediante MCO.

El hecho de tomar logaritmos evita el problema de la heterocedasticidad, y además se reduce la multicolinealidad ocasionada por la falta de independencia entre K y L .

La desventaja de este enfoque es el supuesto de retornos constantes a escala y la constancia de las participaciones de los insumos en el tiempo.

Se presentan dos variantes de la relación capital-trabajo, una $\frac{K^{UCI}}{L}$ en donde los insumos están ambos ajustados por calidad y el capital por utilización; y otra $\frac{K}{L}$ en donde los insumos solamente están ajustados por calidad.

Los coeficientes de las variables son todos significativos y presentan en todas las regresiones el signo esperado con muy buena bondad de ajuste. El mejor ajuste corresponde a la regresión (1), en la cual el valor del coeficiente estimado para la razón capital-trabajo ajustados ambos por calidad y utilización de la capacidad instalada, $\frac{K^{UCI}}{L}$, es de 0,5509 y el R^2 ajustado de 0,98.

En esta regresión se incluyó un término autoregresivo de orden 1, AR(1), para corregir el problema de la autocorrelación presente por ser datos en serie de tiempo.

En la tabla 1 se presentan las distintas estimaciones de esta forma de función de producción. Se incluyen las variables de tendencia t y $t90$, y la variable dummy $d02$. Las variables dummies $d90$ y $d95$ resultaron en todos los casos no significativas.

Tabla 1

Variable dependiente: $\ln\left(\frac{Y}{L}\right)$	Período 1975-2006			
Variables	Regresiones ²			
	(1)	(2)	(3)	(4)
$\ln(A)$	1,3316 (0,1821)	1,3108 (0,1716)	1,0264 (0,1388)	1,1905 (0,5545)
$\ln\left(\frac{K^{UCI}}{L}\right)$	0,5509 (0,0554)	0,5311 (0,0605)	0,6272 (0,0496)	
$\ln\left(\frac{K}{L}\right)$				0,5084 (0,1753)
t	-0,0088 (0,0027)			
t90	0,0150 (0,0037)			
d02	-0,0765 (0,0207)	-0,0653 (0,0231)		-0,0862 (0,0408)
AR(1)	0,4574 (0,2013)	0,8465 (0,1195)	0,6153 (0,1611)	0,8067 (0,1358)
Resumen de estadísticos				
R ²	0,9833	0,9758	0,9706	0,9269
R ² ajustado	0,9800	0,9731	0,9685	0,9188
F	295,2453	362,1397	461,5856	114,0881
Test de Breusch-Godfrey	2,0171	0,8174	0,5201	1,3437
Test de White (sin términos cruzados)	0,7649	1,0048	0,6822	0,2549
Jarque-Bera	0,1674	0,5661	0,5664	1,7382
Tests de raíz unitaria				
ADF	-4,1293	-3,5898	-4,1942	-3,0311
Phillips-Perron	-4,0770	-4,0834	-4,8319	-3,8822

2.- El error estándar figura entre paréntesis.

4.1.2 Función de producción Cobb-Douglas bajo la forma directa

Si relajamos el supuesto de retornos constantes a escala, la expresión funcional de la Cobb-Douglas se expresa de la siguiente forma:

$$Y = AL^{\alpha}K^{\beta} \quad (4.3)$$

Como solamente podemos tomar logaritmos en ambos miembros de (4.3), la ecuación a estimar resulta:

$$\ln(Y) = \ln(A) + \alpha \ln(L) + \beta \ln(K) + \varepsilon \quad (4.4)$$

Al igual que en la anterior especificación econométrica, el término ε representa las perturbaciones aleatorias o error del modelo. La misma resulta ser lineal en sus logaritmos naturales, con lo cual también puede ser estimada mediante MCO.

Análogamente el hecho de tomar logaritmos evita el problema de la heterocedasticidad, y además se reduce la multicolinealidad ocasionada por la falta de independencia entre K y L .

Para la correcta estimación del modelo se recurrirá a la utilización de las anteriormente definidas variables de tendencia y dummies, y los insumos ajustados por calidad y utilización, o sólo por calidad. En este caso K^{UCI} representa el stock de capital ajustado por calidad y utilización, K el stock de capital ajustado por calidad, y L el empleo ajustado por calidad.

Incluiremos además de los contrastes anteriormente realizados, el test de Wald de restricción de parámetros.

Los resultados de las estimaciones realizadas se presentan resumidos en la tabla 2.

Los coeficientes de las variables son todos significativos y presentan en ambas regresiones el signo esperado con muy buena bondad de ajuste. El mejor ajuste corresponde a la regresión (1), en la cual el valor del coeficiente estimado para el capital ajustado por calidad y utilización de la capacidad instalada, K^{UCI} , es de 0,5605, el del empleo ajustado por calidad, L , de 0,2426 y el R^2 ajustado de 0,9868.

En esta regresión la suma de los coeficientes se aproxima a uno, y el test de Wald arroja que no podemos rechazar la hipótesis nula de que los coeficientes suman uno.³

Procediendo análogamente como en el acápite anterior, se incluyó un término autoregresivo de orden 1, AR(1) para corregir el problema de la autocorrelación.

3.- Estos elementos, analizados en conjunto con el resultado obtenido bajo la forma intensiva, abonan el hecho de estar en presencia de retornos constantes a escala.

Tabla 2

Variable dependiente: $\ln(Y)$	Período 1975-2006	
Variables	Regresiones ⁴	
	(1)	(2)
$\ln(A)$	3,0492 (0,9874)	
$\ln(K^{UCI})$	0,5605 (0,0583)	
$\ln(K)$		0,5664 (0,1252)
$\ln(L)$	0,2426 (0,0905)	0,5384 (0,1658)
t90	0,0115 (0,0040)	
d02	-0,0737 (0,0229)	-0,0924 (0,0380)
AR(1)	0,6303 (0,2121)	0,8021 (0,1239)
Resumen de estadísticos		
R^2	0,9890	0,9623
R^2 ajustado	0,9868	0,9581
F	449,4101	
Test de Breusch-Godfrey	1,5271	1,1183
Test de White (sin términos cruzados)	0,8243	0,1749
Test de Wald	4,1380	6,6372
Jarque-Bera	1,2169	2,0059
Tests de raíz unitaria		
ADF	-4,2602	-3,1782
Phillips-Perron	-4,0807	-3,9695

4.- El error estándar figura entre paréntesis.

4.2 Estimación de una función de producción CES

La función de producción de elasticidad de sustitución constante (CES) fue derivada por K. J. Arrow, H. B. Chenery, B. S. Minhas y R. M. Solow y difundida en una publicación de 1961.

En un estudio de corte transversal de 24 diferentes industrias correspondientes a 19 países entre los años 1949 y 1955, ellos encuentran una alta correlación significativa en todas las industrias para la regresión de la productividad laboral y el costo laboral por trabajador.

Tomando logaritmos en la expresión original resulta:

$$\ln\left(\frac{Y}{L}\right) = \ln(a) + b \ln(W) + \varepsilon \quad (4.5)$$

En este caso b representa la elasticidad de sustitución entre capital y trabajo. La evidencia empírica encontrada a través de la estimación de la anterior ecuación los alentó a encontrar una función que tuviera las siguientes propiedades:

- homogeneidad.
- elasticidad de sustitución constante entre capital y trabajo.
- la posibilidad de contar con diferentes elasticidades de sustitución para diferentes industrias.

En su expresión original, dicha función resultó:

$$Y = \gamma \left[\delta K^{-\rho} + (1 - \delta) L^{-\rho} \right]^{-\frac{1}{\rho}} \quad (4.6)$$

En donde γ actúa como un parámetro de eficiencia, ρ es una transformación de la elasticidad de sustitución, y nos referiremos a él como el parámetro de sustitución, y por último δ representa al parámetro de distribución.

Para el caso de la función de producción CES la elasticidad de sustitución entre los insumos queda expresada por la siguiente relación:

$$\sigma = \frac{1}{1 - \rho} \quad (4.7)$$

Cuando $\rho = 1$ la función de producción CES se convierte en una función de producción lineal (sustitución perfecta, $\sigma = \infty$), cuando $\rho = -\infty$ la función CES deviene en una función de producción Leontief (insumos complementarios, $\sigma = 0$), y por último cuando $\rho = 0$ estamos en el caso de una función de producción Cobb-Douglas (sustitución unitaria, $\sigma = 1$).

Si a esta función la generalizamos agregándole un parámetro ν , entonces le permitimos a la misma exhibir rendimientos constantes, crecientes o decrecientes a escala:

$$Y = A \left[\delta K^{-\rho} + (1 - \delta) L^{-\rho} \right]^{-\frac{\nu}{\rho}} \quad (4.8)$$

Como podemos apreciar la misma es no lineal en los parámetros, por lo que no es posible estimarla por MCO. Dentro de las distintas alternativas de estimación resulta atractivo el método utilizado por Kmenta (1967), el cual aplica un desarrollo en series de Taylor en torno al punto $\rho = 0$ tomando sólo los términos de primer orden, y hace posible así una estimación de la expansión resultante mediante MCO.

Lamentablemente esta opción tuvo que ser descartada por entregar coeficientes no significativos y de signo contrario al esperado en la participación del trabajo. Sin estar exento de problemas⁵ se optó por un procedimiento de estimación no lineal, aplicado a la siguiente transformación que surge de tomar logaritmos de (5.8) en ambos miembros:

$$\ln(Y) = \ln(A) - \frac{1}{\rho} \ln[\delta K^{-\rho} + (1 - \delta)L^{-\rho}] + \varepsilon \quad (4.9)$$

Para facilitar la estimación se impuso por razones prácticas la condición de retornos constantes a escala ($\nu = 1$).⁶

Los coeficientes resultan todos significativos y presentan en todas las regresiones el signo esperado con muy buena bondad de ajuste. Para las mismas se incluyeron además la variable dummy trec y tres términos autoregresivos, AR(1), AR(2) y AR(3) para corregir el problema de la autocorrelación presente por ser datos en serie de tiempo.

El mejor ajuste corresponde a la regresión (1), en la cual el valor estimado para ρ es de -0,6947, δ queda establecido en 0,3358 y el R^2 ajustado de 0,9913. Con los valores obtenidos la elasticidad de sustitución σ resulta ser de 0,59, lo cual define a la función de producción obtenida como una forma intermedia entre una función de producción Cobb-Douglas ($\sigma = 1$) y una función de producción Leontief ($\sigma = 0$).

Los resultados de las estimaciones realizadas se presentan resumidos en la tabla 3.

5.- Estos pueden ser de varios tipos. En primer lugar problemas de no convergencia (overflows o también la matriz deviene en singular) por ser los valores iniciales incorrectos o por contar con pocas observaciones.

Otro inconveniente es que la convergencia puede ser lograda en forma extremadamente lenta (usualmente debería lograrse en menos de 10 iteraciones). Pueden encontrarse errores cuando la cantidad de parámetros a estimar son demasiados (se deben fijar algunos como constantes de acuerdo a un buen criterio). Por último en regresión no lineal es posible arribar a una solución (se encuentra convergencia) que no sea la mejor posible por haber logrado un mínimo local.

6.- Se tomó esta decisión dadas las dificultades de estimación inherentes al modelo no lineal anteriormente citadas. De todas maneras, la estimación de la función de producción Cobb-Douglas bajo la forma directa aporta elementos suficientes sobre lo acertado de este supuesto.

Tabla 3

Variable dependiente: $\ln(Y)$	Período 1975-2006		
Variables	Regresiones ⁷		
	(1)	(2)	(3)
Variables independientes	K^{UCI},L	K^{UCI},L	K^{UCI},L
$\ln(A)$	3,0924 (0,4688)	2,7681 (0,6239)	2,5967 (0,6692)
ρ	-0,6947 (0,0582)	-0,7399 (0,0795)	-0,7720 (0,0925)
δ	0,3358 (0,0537)	0,2851 (0,0925)	0,2296 (0,1095)
t90	0,0162 (0,0022)	0,0131 (0,0030)	0,0125 (0,0038)
d02	-0,0901 (0,0134)	-0,0749 (0,0201)	-0,0769 (0,0233)
trec	-0,0167 (0,0038)		
AR(1)		0,7177 (0,2037)	0,5671 (0,2153)
AR(2)	-0,4881 (0,1875)	-0,5085 (0,2324)	
AR(3)	-0,4326 (0,1874)		
Resumen de estadísticos			
R ²	0,9935	0,9902	0,9883
R ² ajustado	0,9913	0,9876	0,9860
Test de White (sin términos cruzados)	1,1282	0,5259	0,9381
Jarque-Bera	6,4426	1,1335	1,4650
Tests de raíz unitaria			
ADF	-3,3537	-2,7560	-4,2635
Phillips-Perron	-4,3475	-5,5551	-3,8610

7.- El error estándar figura entre paréntesis.

4.3 Algunos hechos estilizados en torno a las funciones de producción obtenidas

Tal como se mencionó en la introducción, y como se ha venido desarrollando el presente trabajo, la clave del mismo radica en la estimación de distintas funciones de producción, con distintos supuestos para cada una de ellas y luego determinar cual de ellas resulta más apropiada para representar la tecnología de producción de Argentina para el período considerado.

Por lo tanto corresponde ahora realizar la valoración crítica de los resultados obtenidos. Para llevar adelante esta evaluación procederemos de forma consistente con el proceso de obtención de las funciones de producción que hemos llevado a cabo, es decir, la teoría de los modelos lineal y no lineal, la teoría económica y el contraste con la realidad.

Para ello se considerarán los siguientes criterios, a saber:

- el R^2 ajustado.
- la significación de los coeficientes y la correspondencia con su signo esperado.
- la independencia de estimaciones adicionales.
- la coherencia con experiencias anteriores.
- la aplicación práctica de las funciones obtenidas.

La función de producción **Cobb-Douglas**, estimada bajo la forma **intensiva**, posee elasticidad de sustitución entre insumos unitaria y además le hemos impuesto la restricción de retornos constantes a escala. La misma presenta un buen ajuste (R^2 ajustado = 0,98), y la participación del capital obtenida es similar a otros intentos anteriores.⁸ Tiene la ventaja de ser muy simple y útil en cuanto a derivación de aplicaciones al crecimiento económico y el estudio de la productividad total de los factores, por lo que es la elegida para ese propósito en lo que resta del presente estudio.

La función de producción **Cobb-Douglas**, estimada bajo la forma **directa**, sigue presentando elasticidad de sustitución entre insumos unitaria pero esta forma de estimación relaja la restricción de presentar retornos constantes a escala, exhibiendo un muy buen ajuste (R^2 ajustado = 0,98).

A la función de producción **CES**, si bien puede exhibir retornos no constantes a escala, se le ha preferido imponerle la restricción de retornos constantes para facilitar su estimación, dado que la misma es no lineal. Presenta un excelente ajuste (R^2 ajustado = 0,9913) y una participación del capital consistente con experiencias realizadas en otros países.⁹ A nuestro juicio es la que mejor representa la tecnología de nuestro país para los años estudiados.

A continuación resumimos las tres tecnologías más representativas:

Cobb-douglas (forma intensiva)	$Y = A_{(t)} K^{UCI0,55} L^{0,45} + \varepsilon$
Cobb-douglas (forma directa)	$Y = A_{(t)} K^{UCI0,56} L^{0,24} + \varepsilon$
CES	$Y = A_{(t)} \left[0,34 K^{UCI0,69} + 0,66 L^{0,69} \right]^{\frac{1}{0,69}} + \varepsilon$

8.- Un ejemplo concreto es el de Meloni (1999).

9.- En general la participación del capital oscila entre 0,30 y 0,45. Consultar las distintas referencias bibliográficas.

5. Aplicaciones de las funciones de producción obtenidas

En el acápite anterior establecimos las tres tecnologías más representativas para caracterizar al proceso productivo argentino. Sin embargo, las mismas no comparten el mismo grado de practicidad en cuanto a las distintas aplicaciones que podemos esperar para cada una de ellas.

La función de producción CES es quizás la más apropiada a los efectos de predecir el PBI esperado, como así también un valor particular del mismo, para valores dados de stock de capital y empleo. Este tipo de aplicación no será llevada adelante en el presente trabajo, dado que solo basta con calcular el error de predicción y luego determinar el intervalo de predicción correspondiente a los valores de stock de capital y empleo dados.

La utilización de una función de producción cobra especial relevancia cuando la destinamos al análisis de la productividad total de los factores, a la determinación del producto potencial y a la contabilidad del crecimiento. Otra aplicación posible se remonta a la estimación del balance estructural de una economía, pero la misma depende de forma indirecta, ya que para su cálculo es necesario determinar primero el producto potencial.

Estas son las tres aplicaciones fundamentales que desarrollaremos en las secciones siguientes. Ahora bien, la forma funcional elegida para esto será la función de producción Cobb-Douglas bajo la forma intensiva. La misma presenta rendimientos constantes a escala, además que al tomar logaritmos en ambos miembros, la misma se reduce a una expresión algebraica sencilla y fácil de operar.

5.1 Análisis de la productividad total de los factores

La forma funcional elegida permite aplicar la metodología de las fuentes del crecimiento económico para descomponer al mismo en la contribución que cada factor, es decir, stock de capital, empleo y la productividad total de los factores, hace al producto.

La productividad total de los factores (PTF) puede ser calculada por diferencia, por lo que se la conoce también como residuo de Solow, y representa en gran medida el aporte del progreso tecnológico.

Partimos de la expresión conocida:

$$Y = AL^\alpha K^{(1-\alpha)} \quad (6.1)$$

Tomando logaritmos en ambos miembros:

$$\ln(Y) = \ln(A) + \alpha \ln(L) + (1 - \alpha) \ln(K) \quad (6.2)$$

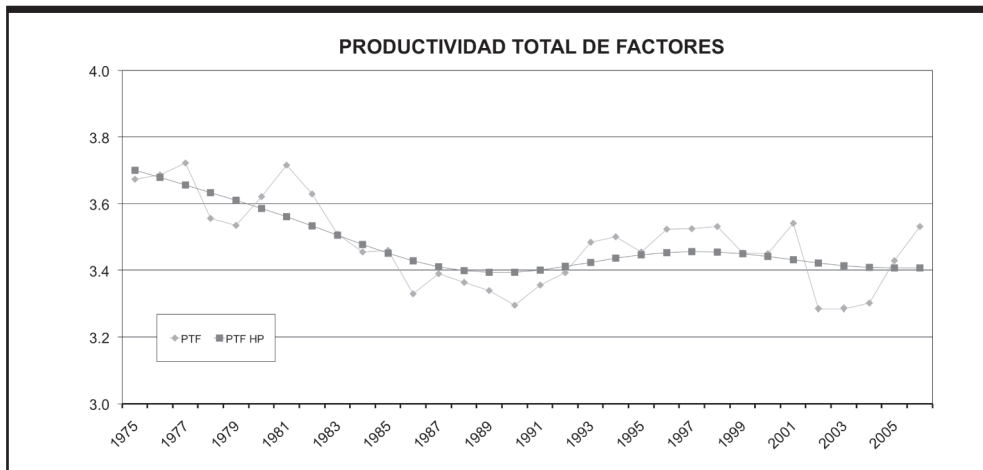
Ahora si despejamos a $\ln(A)$ nos queda:

$$\ln(A) = \ln(Y) - \alpha \ln(L) - (1 - \alpha) \ln(K) \quad (6.3)$$

De esta forma podemos calcular la tasa de cambio de la productividad total de los factores en función de la tasa de cambio del producto y las tasas de cambio del stock de capital y del empleo. Si le calculamos el antilogaritmo, podemos obtener la serie de la productividad total de los factores para el período dado.

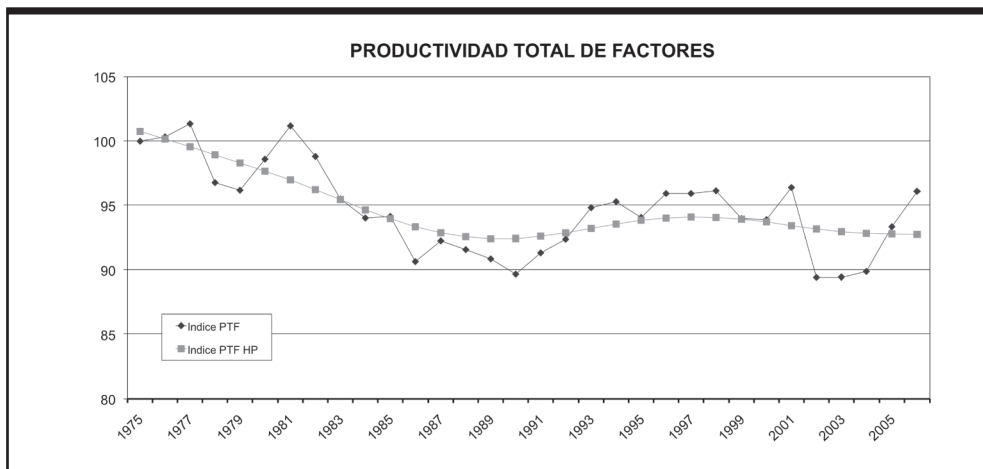
Dicha serie fue obtenida haciendo uso de la regresión (1), en la cual la participación del capital es de 0,55. La misma puede ser observada en el gráfico 5:

Gráfico 5



Tomando como año base 1975=100, se construyó un índice para dicha serie el cual puede ser observado en el gráfico 6:

Gráfico 6



Tanto a la serie original como al índice construido se les aplicó el filtro de Hodrick-Prescott, a los efectos de descomponer las mismas en tendencia y ciclo. La serie de PTF filtrada será utilizada más adelante para las estimaciones del producto potencial.

En la Etapa I, que corresponde a los años 1975 a 1981, la PTF aumentó un 1,1 %. Esto es equivalente a un crecimiento interanual promedio del 0,16 %. El PBI creció durante este período a una tasa interanual del 0,93 %.

La Etapa II comienza con la guerra de Malvinas y se extiende entre los años 1982 hasta 1990. En este período la PTF experimenta una caída del 9,4 %, equivalente a una tasa interanual promedio del -1,07 %. El producto experimenta durante este lapso de tiempo una caída interanual del 0,21 %.

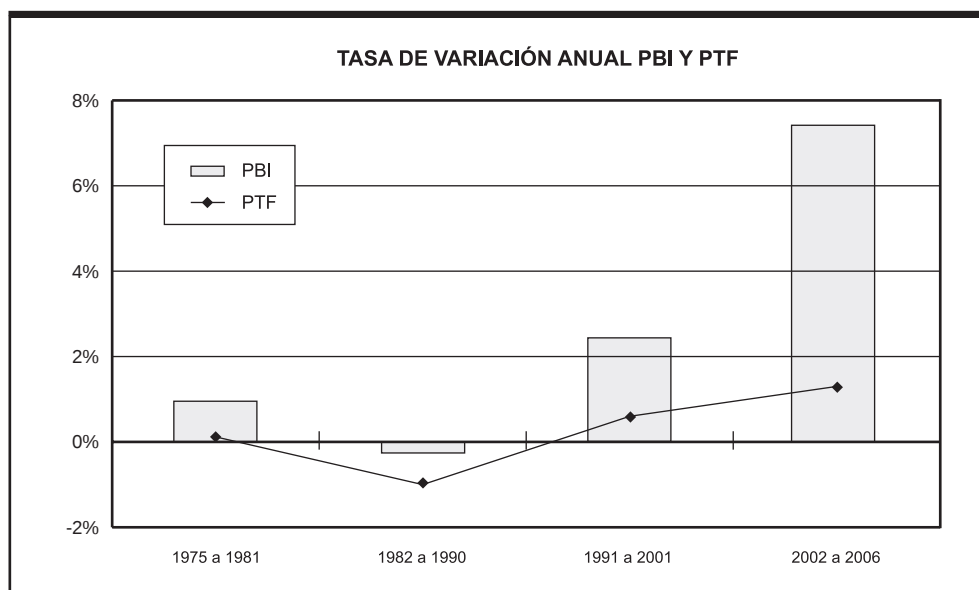
La Etapa III está caracterizada por la convertibilidad y se extiende desde 1991 hasta 2001, período en el cual la PTF experimenta una fuerte recuperación y crece un 5,7 %, correspondiente a una tasa interanual promedio del 0,49 %. El PBI también se recupera a una tasa interanual del 2,32 %.

Por último, la etapa IV corresponde a la recuperación posterior a la crisis del 2001, signada por la devaluación y alto crecimiento. En este período la PTF profundiza su crecimiento, el cual es del 7,6 %, correspondiente a un crecimiento interanual promedio del 1,45 %. El PBI crece en esta etapa a una tasa interanual del 7,04 %.

Si consideramos todas las etapas en su conjunto, es decir, el período de 1975 a 2006, la PTF experimenta una caída del 3,8 %, que equivale a una tasa interanual promedio del -0,12 %. En este período el producto creció a una tasa interanual del 1,86 %.

Para completar este análisis corresponde estudiar el comportamiento cíclico de la PTF en correspondencia con el PBI, hecho que puede ser observado en el gráfico 7:

Gráfico 7



Como podemos apreciar la PTF presenta un marcado comportamiento procíclico, es decir, que variaciones interanuales de la PTF se corresponden con variaciones del mismo signo del PBI.

Teniendo en cuenta las consideraciones ya mencionadas, y de la observación atenta de los gráficos 5 a 7, podemos adelantar las siguientes conclusiones preliminares:

- entre los años 1982 y 1990 la PTF experimenta un proceso de prolongado deterioro, coincidente con una sostenida caída del producto.
- en los años caracterizados por la convertibilidad y una fuerte inversión, la PTF logra una fuerte recuperación, de la misma forma que el PBI.
- a partir de 2002 y hasta 2006 la PTF incrementa su ritmo de recuperación, logrando su tasa de mayor crecimiento, al igual que el PBI.
- a pesar de las mejoras concretadas en estas dos últimas etapas, marcadas por la crisis hiperinflacionaria y la de la caída de la convertibilidad, la PTF no logra recuperar el nivel de los años 1975 a 1981.
- no obstante del carácter procíclico de la PTF, tomando en consideración todas las etapas en conjunto, en el período 1975 a 2006 el PBI creció pero la PTF disminuyó.
- teniendo en cuenta la contribución de la PTF al crecimiento del producto, podemos adelantar que tanto en el período de la convertibilidad, como en la recuperación posterior a 2002, el patrón de crecimiento ha sido más bien “extensivo” que “intensivo”.¹⁰ Este hecho será analizado con mayor profundidad en la sección correspondiente a contabilidad del crecimiento.

Por lo tanto estamos en condiciones de anticipar que el crecimiento logrado a partir de 1990 no está basado en una mejora sustancial de la PTF sino en acumulación de factores.

5.2 Estimación del producto potencial

Una de las aplicaciones más difundidas de la función de producción agregada es quizás la determinación del producto potencial y la brecha de producto, entendida como el producto actual menos el producto potencial.

Además del trabajo anteriormente mencionado de Meloni (1999), quien luego de estimar una función de producción agregada de tipo Cobb-Douglas la aplica al cálculo del producto potencial, citaremos a continuación algunos intentos similares.

Estos tienen en común que logran la estimación del producto potencial mediante una función de producción, pero que no ha sido obtenida económicamente, sino que los coeficientes de participación del capital y el empleo fueron extraídos de la información brindada por Cuentas Nacionales.

Maia y Kweitel (2003) estiman el producto potencial de nuestro país para los años 1960 a 2000, utilizando datos de Cuentas Nacionales para el año base 1993 con una función de producción Cobb-Douglas que exhibe rendimientos constantes a escala.

En un trabajo que cuenta con antecedentes en 2004, Elosegui, Garegnani y otros (2006) utilizan como una de las alternativas posibles una función de producción de tipo Cobb-Douglas con

10.- Encontramos conclusiones opuestas en los trabajos oficiales de Meloni (1999), Maia y Nicholson (2001) y Maia y Kweitel (2003). Sin embargo conclusiones similares a nuestro análisis pueden encontrarse en Coremberg (2004) y (2006).

rendimientos constantes a escala, para estimar el producto potencial de Argentina para los años 1980 a 2005.

La función de producción Cobb-Douglas estimada anteriormente bajo la forma intensiva, será aplicada a la estimación del producto potencial y la brecha de producto (GAP) utilizando la tendencia de la serie de PTF aportada por el filtro de Hodrick-Prescott.

Se calculará el producto potencial considerando el pleno uso de los factores productivos. Para el stock de capital potencial esto significa igualarlo al stock de capital actual. Para el Empleo potencial debemos considerar a la población económicamente activa (PEA), también conocida como fuerza de trabajo, menos una cierta cantidad que supone el desempleo friccional.

Para el caso del Empleo potencial es posible considerar dos aspectos diferentes, lo cual llevaría a dos estimaciones distintas del producto potencial, según sean los supuestos utilizados. A continuación el producto potencial será calculado con ambos métodos.

5.2.1 Estimación del producto potencial bajo el enfoque de la tasa natural de desempleo (TND)

Para proceder al cálculo del producto potencial se utilizará la ecuación:

$$Y = A_t K^{UCI0,55} L^{0,45} \quad (6.4)$$

Se parte de la serie de PTF obtenida con el filtro de Hodrick-Prescott. El stock de capital también es filtrado con el mismo método para separar el componente cíclico.

En cuanto al Empleo, este enfoque de orientación Keynesiana supone al Empleo potencial como el resultado de la PEA (fuerza de trabajo), menos una tasa natural de desempleo (TND) de carácter friccional.¹¹

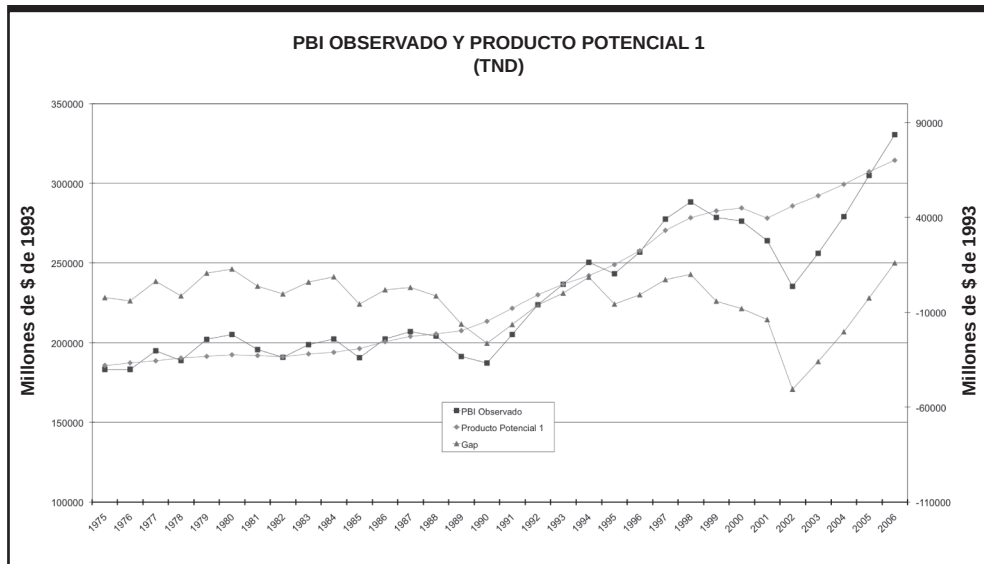
Si bien no existen estimaciones acerca de esta tasa para nuestro país, hemos supuesto la misma en 5 % para los años 1975 a 1990, y 7 % para los años 1991 a 2006. El incremento intenta recoger los cambios en el mercado de trabajo debidos a las grandes transformaciones sufridas a partir de los '90.

Luego de su cálculo, el Empleo potencial también fue ajustado por calidad.

Los resultados obtenidos para el producto potencial y la brecha de producto, junto con el PBI observado, pueden ser apreciados en el gráfico 8:

11.- Este enfoque es consistente con el pleno uso de los recursos productivos.

Gráfico 8



La serie de producto potencial 1 (TND) muestra un comportamiento suavizado debido al filtrado previo de la PTF y el stock de capital.

El crecimiento del producto potencial comienza a tomar relevancia a partir de 1990, producto de la fuerte inversión en stock de capital. La crisis de 2002 apenas lo afecta.

Todas las veces en que el producto observado supera al producto potencial, podemos interpretarlas con episodios de recalentamiento de la economía. Los más cercanos que encontramos son los de 1994, 1997-1998, y más recientemente en 2006.

La brecha de producto (GAP) mantiene en general un comportamiento estacionario, con excepción de los años 2002-2003, debidos a la crisis posterior a la caída de la convertibilidad.

5.2.2 Estimación del producto potencial bajo el enfoque del suavizamiento del empleo mediante el filtro de Hodrick-Prescott (HP)

Para calcular el producto potencial utilizaremos la misma ecuación que en la sección anterior. Igual procedimiento se sigue con la serie de PTF y con la serie de stock de capital, a las cuales se les quita el componente cíclico con el filtro de Hodrick-Prescott.

La diferencia principal de este enfoque respecto del anterior reside en el tratamiento a la serie de empleo, para obtener el Empleo potencial. En este enfoque, de orientación Neoclásica, se aplica también a la serie de empleo el filtro de Hodrick-Prescott.¹²

12.- Según este enfoque el producto potencial se origina en perturbaciones de productividad de la oferta agregada, que determinan el crecimiento de largo plazo.

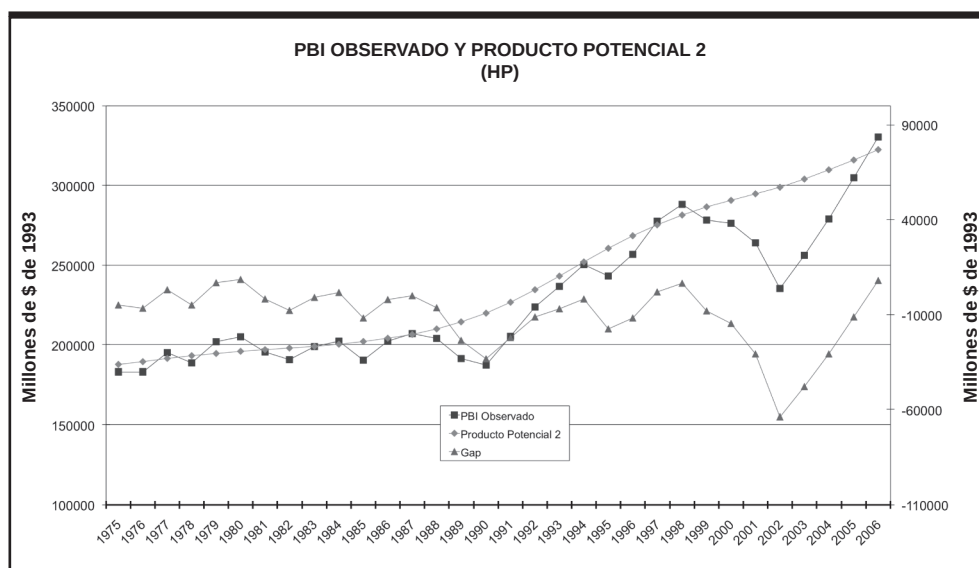
El objetivo que se persigue con esta metodología es capturar las posibles variaciones de la tasa natural de desempleo, al mismo tiempo que se pretende también capturar la componente de largo plazo de la participación de la fuerza de trabajo.

Si bien la utilización de este enfoque está plenamente justificada, el mayor cuestionamiento reside en que el filtro de Hodrick-Prescott suaviza excesivamente los episodios de cambios estructurales, o cambios bruscos debidos a las frecuentes crisis que ha atravesado nuestro país.

No obstante estas diferencias metodológicas derivadas de distintas visiones macroeconómicas, el patrón obtenido con este enfoque es muy similar al obtenido en el acápite anterior.

Los resultados obtenidos para el producto potencial y la brecha de producto, junto con el PBI observado ser observados en el gráfico 9:

Gráfico 9



La serie de producto potencial 2 (HP) muestra un comportamiento suavizado debido al filtrado previo de la PTF, el stock de capital y la serie de empleo.

El crecimiento del producto potencial también comienza a tomar relevancia a partir de 1990, producto de la fuerte inversión en stock de capital. Debido al filtrado de la serie de empleo y el enfoque de largo plazo, la crisis de 2002 no impacta en el producto potencial.

En general, en los últimos años el producto potencial se mantiene por encima del producto observado. Los años más cercanos en los cuales esto no ocurre son 1997-1998 y 2006, aunque con brechas positivas menores que las registradas con el método anterior. En estos años se registran entonces episodios de recalentamiento.

La brecha de producto (GAP) mantiene en general un comportamiento estacionario, con excepción de los años 2002-2003, en los que la misma es mayor a la obtenida con el enfoque anterior.

5.3 Contabilidad del crecimiento

Por último, cerrando el apartado de aplicaciones, podemos realizar la contabilidad del crecimiento de la economía de Argentina para el período dado.

La idea subyacente en esta metodología consiste en descomponer el crecimiento económico para determinar la contribución de cada factor al mismo, lo que nos posibilitará reconocer el patrón de crecimiento de la economía.

Así calcularemos el aporte de dicho crecimiento interanual de los insumos al crecimiento del PBI, lo que comúnmente se denomina contribución al crecimiento (también sería equivalente denominarla fuentes del crecimiento). Para ello afectaremos al crecimiento interanual del stock de capital por su participación, que es de 0,55, y lo mismo haremos con el empleo, cuya participación es de 0,45. Estos valores han sido tomados de la ecuación ya conocida:

$$Y = AK^{UCI0,55}L^{0,45} \quad (6.5)$$

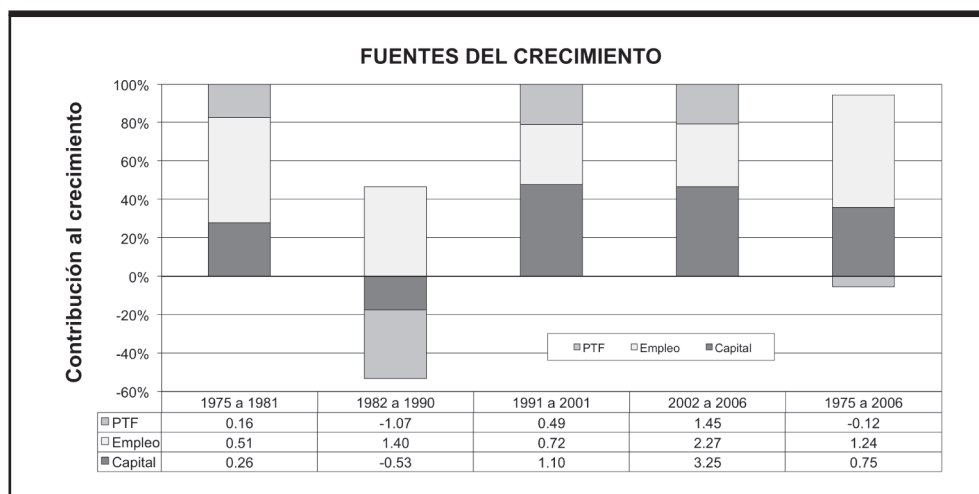
Tabla 8

Etapas	Período	PBI Variación interanual [%]	Capital Contribución interanual [%]	Empleo Contribución interanual [%]	PTF Contribución interanual [%]
I	1975 a 1981	0,93	0,26	0,51	0,16
II	1982 a 1990	-0,21	-0,53	1,40	-1,07
III	1991 a 2001	2,32	1,10	0,72	0,49
IV	2002 a 2006	7,04	3,25	2,27	1,45
Todas	1975 a 2006	1,86	0,75	1,24	-0,12

La tabla 8 recoge las tasas de variación interanual del capital, el empleo y la PTF en comparación con el PBI de cada uno de los períodos considerados, afectados por sus respectivas participaciones.

El gráfico 10 nos muestra las fuentes del crecimiento, reflejando en el eje de ordenadas la contribución al crecimiento por etapas para cada factor, tras haber sido afectados el stock de capital y el empleo por sus respectivas participaciones:

Gráfico 10



En la Etapa I, la economía creció a una tasa interanual del 0,93 %. La contribución del stock de capital fue del 0,26 % y la del empleo 0,51 %. El aporte de la PTF alcanza el 0,16 %.

La etapa II refleja un decrecimiento del PBI a una tasa interanual del 0,21 %. En dicho lapso de tiempo el capital contribuye con -0,53 % y el empleo aporta el 1,40 %. La contribución de la PTF fue de -1,07 %.

Durante la etapa III, el producto crece a una tasa interanual de 2,32 %. El stock de capital aporta el 1,10 % y el empleo contribuye con un 0,72 %. La contribución de la PTF es del 0,49 %.

Por último, en la etapa IV, la economía crece a una tasa interanual de 7,04 %. Durante este período el capital contribuye con el 3,25 % y el empleo con el 2,27 %. La PTF aporta el 1,45 %.

Si consideramos todas las etapas, es decir de 1975 a 2006, el PBI creció a una tasa interanual del 1,86 %. En ese período el stock de capital contribuye con el 0,75 % y el empleo con un 1,24 %. La PTF contribuye con -0,12 %.

Podemos apreciar que la contribución de la PTF en los períodos en los cuales la economía crece, es baja en comparación con las contribuciones del stock de capital y del empleo.

En cambio cuando el PBI se contrae, la contribución de la PTF a dicha disminución es comparable a los aportes del capital y del empleo, tomados estos en valor absoluto dado que tienen signos distintos.

Los resultados de este análisis recurriendo a las fuentes del crecimiento son consistentes con las conclusiones anticipadas en la sección en que analizamos la PTF.

Podemos afirmar entonces que el patrón de crecimiento de nuestro país es más bien de tipo “extensivo”, es decir basado en la acumulación de factores, que de tipo “intensivo”, que correspondería a una mejora sustancial de la PTF.

A pesar de las mejoras evidenciadas, esta conclusión se aplica también a la etapa III, caracterizada por la convertibilidad, y a la etapa IV marcada por la recuperación posterior a la crisis de 2002.

Otro indicio del crecimiento basado en acumulación de factores, es que en todo el período de estudio, la PTF sufrió un deterioro a una tasa interanual del 0,12 %.

6. Conclusiones

Después de haber revisado la historia de otros intentos por estimar para nuestro país funciones de producción agregadas, nuestro esfuerzo se centró en estimar una función de producción agregada para la economía Argentina para el período 1975 a 2006.

Al contar con las series correspondientes fue posible entonces proceder a la estimación de las distintas funciones de producción, teniendo en cuenta la utilización de variables dummies y de tendencia para modelizar la influencia de la tecnología en el cambio de nivel y tendencia de las series.

Este resultó necesario dado que disponemos de datos en series de tiempo y debíamos evitar el caso de realizar regresiones espurias.

De acuerdo a los criterios fijados en el acápite correspondiente, de la totalidad de las funciones de producción agregadas estimadas, no todas se adecuan de la misma manera a la descripción del proceso productivo de Argentina.

Las funciones de producción obtenidas que mejor logran su cometido, son la Cobb-Douglas, estimada tanto bajo la forma intensiva como bajo la forma directa y la CES.

Teniendo en cuenta estas tres últimas funciones de producción, podemos apreciar que los supuestos establecidos facilitan las estimaciones, aunque también introducen variaciones en los coeficientes de participación obtenidos. La mejor estimación posible se logra cuando los supuestos establecidos se ajustan bien a la realidad y permite obtener coeficientes realistas.

Tal es el caso de la función de producción CES, a la cual le imponemos retornos constantes a escala, pero le permitimos una elasticidad de sustitución entre insumos constante pero diferente de uno, hechos que caracterizan de forma adecuada al proceso productivo Argentino. En este caso hemos obtenido el mejor ajuste posible.

La función de producción Cobb-Douglas estimada bajo la forma intensiva proporciona también un muy buen ajuste, además que resulta extremadamente útil para derivar aplicaciones diversas.

Como ya hemos anticipado en la sección correspondiente, un adecuado enfoque situacional determinará la función de producción más adecuada a utilizar en cuanto a las aplicaciones al crecimiento económico.

En cuanto a dichas aplicaciones, en primer lugar se obtuvo la serie de productividad total de los factores, con un doble propósito; el del análisis en sí mismo, y la posterior aplicación a la determinación del producto potencial.

Del análisis de la PTF, podemos apreciar en la misma un deterioro tendencial, que se hace pronun-

ciado a partir de 1982, año que marca el cierre de la economía. La década de la convertibilidad hace un gran aporte para lograr un cambio de tendencia, pero los niveles registrados no alcanzan a una plena recuperación de la PTF. La recuperación de la economía posterior a la crisis del 2002 y la devaluación aportan una gran mejora de la PTF, aunque sin poder recomponer los niveles de comienzo de la serie.

Si consideramos el período de 1975 a 2006, la PTF experimenta una caída del 3,8 %, que equivale a una tasa interanual promedio del $-0,12$ %.

La etapa de 1975 a 1981 registra una PTF significativamente distinta del resto de las etapas posteriores. Ahora bien, si nos atenemos al período que llega a 1990, y el período posterior, no encontramos evidencia de una diferencia significativa de la PTF.

Podemos concluir entonces a partir de estos resultados que el crecimiento de nuestra economía no está basado en una mejora de la PTF, sino en acumulación de factores, aún cuando la inversión y modernización de los bienes de capital han sido evidentes como en el caso de la convertibilidad.¹³

Otro hecho que resulta significativo es que la PTF se incrementa cuando la economía permanece abierta, pero su deterioro es mucho mayor en períodos en los cuales la economía permanece cerrada. Además muestra un marcado comportamiento procíclico, si nos atenemos a las etapas ya mencionadas en cuestión.

La segunda parte de las aplicaciones se centró en la determinación del producto potencial. Partiendo de la serie de PTF anteriormente obtenida, se calcularon la PTF potencial y el stock de capital potencial, ambos a partir de la utilización del filtro de Hodrick-Prescott.

La particularidad introducida en el producto potencial proviene del criterio para determinar el empleo potencial, originados en distintas visiones macroeconómicas.

El enfoque de la tasa natural de desempleo, de orientación Keynesiana, nos obliga a establecer un supuesto del comportamiento de la misma, para restárselo a la PEA y hallar así el empleo potencial.

El enfoque que surge de suavizar la serie de empleo con el filtro de Hodrick-Prescott para obtener la serie de empleo potencial es de orientación Neoclásica, y persigue el objetivo de capturar su componente de largo plazo y sus posibles variaciones, habida cuenta de que no existen hasta el momento buenas estimaciones para la misma en nuestro país.

Los resultados obtenidos bajo ambos enfoques son muy parecidos y muestran que el producto potencial presenta un comportamiento suavizado y en general es superior al observado. En cuanto a la brecha de producto (GAP), la misma evidencia un comportamiento estacionario, con excepción de los años 2002-2003, años de grandes cambios estructurales debidos a la gran crisis de la caída de la convertibilidad.

13.- Tal como anticipamos se encuentran conclusiones opuestas en los trabajos oficiales de Meloni (1999), Maia y Nicholson (2001) y Maia y Kweitel (2003), en los cuales, o bien utilizan otro método de depreciación, o bien no ajustan insumos por calidad o por utilización. En Coremberg (2004) y (2006) se pueden encontrar conclusiones similares a las que hemos arribado en nuestro análisis, con la utilización de índices óptimos.

Sin embargo, en la etapa que va de 1982 a 1990, encontramos varios episodios en los cuales el producto observado supera al producto potencial; en los últimos años, estos han sido también manifiestos en 1994, 1997-1998, y más recientemente en 2006.

Estos casos nos muestran que en esos períodos la economía puede presentar ese fenómeno a costa de una mayor presión inflacionaria y recalentamiento de la misma.

Finalmente cerramos la sección de aplicaciones con un análisis de la contabilidad del crecimiento, para lo cual recurrimos a la función de producción Cobb-Douglas bajo la forma intensiva para que nos aporte los coeficientes de participación del capital y el trabajo en el PBI.

Hemos podido apreciar que la PTF contribuye escasamente al crecimiento del PBI, en comparación con el aporte del capital y el trabajo. En la etapa I el capital y el trabajo explican el 83 % del crecimiento del PBI. En la etapa III ambos insumos explican el 78 % del crecimiento del producto, y en la etapa IV el capital y el trabajo conjuntamente explican también el 78 % del crecimiento de la economía.

Sin embargo en la etapa II, en la cual el PBI experimenta una contracción a una tasa interanual del 0,21 %, el deterioro de la PTF (-1,07 %) es el doble que la disminución del stock de capital (-0,53 %), es decir, que en períodos de achicamiento de la economía la PTF explica en una gran medida dicha disminución.

Podemos concluir entonces que el patrón de crecimiento de Argentina es “extensivo”, es decir, basado en la acumulación de factores, y no “intensivo”, cuando es la PTF la protagonista principal del crecimiento.

Esta conclusión se hace extensiva al período de la convertibilidad, donde la inversión en bienes de capital fue muy grande, lo que sugiere que el crecimiento de la productividad de la economía fue tan solo aparente e invita a un análisis de dicho período más a fondo.

Por otra parte esta conclusión se puede aplicar también al período de la recuperación posterior a la crisis de 2002, para determinar que el crecimiento a tan altas tasa interanuales experimentado en esos años, no es sustentable a largo plazo sin presión inflacionaria.

8. Bibliografía

- Aldabe, H. (1965): “Ensayo de Establecimiento de una Función de Producción”, *Desarrollo Económico*, Vol. 5, Nº 17/19, Tomo 2 (Apr. – Dec., 1965), pp. 371-388.
- Arrow, K. J., Chenery, H. B., Minhas, B. S. and Solow, R. M. (1961): “Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency”, *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 43, Nº 3 (Aug., 1961), pp. 225-250.
- Barro, Robert J. (1998): “Notes on Growth Accounting”, Harvard University, Mimeo (Dec., 1998).
- Butera, Mauricio y Kosacoff, Luciano (1997): “Evolución del stock de capital en la Argentina: el proceso de acumulación en las últimas tres décadas”, *Anales de la AAEP*, Bahía Blanca 1997.
- CEP (1997): “Evolución del Stock de Capital en Argentina”, Centro de Estudios de la Producción, Secretaría de Industria, Comercio y Minería, Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos.
- Cobb, Charles W. and Douglas, Paul H. (1928): “A Theory of Production”, *The American Eco-*

- nomic Review*, Vol. 18, N° 1, Supplement, Papers and Proceedings of the Fortieth Annual Meeting of the American Economic Association (Mar., 1928), pp. 139-165.
- Coremberg, Ariel A. (2004): "TPF Growth in Argentina during the 1990's. A Stylized Fact?", International Association for Research in Income and Wealth 28th Conference.
- Coremberg, Ariel A. (2004): "Estimación del Stock de Capital Fijo de la República Argentina 1990-2003. Fuentes, Métodos y Resultados", Dirección Nacional de Cuentas Nacionales.
- Coremberg, Ariel A. (2004): "El crecimiento de la productividad de la economía argentina durante la década de los noventa: "mito o realidad" ", Instituto de Desarrollo Económico y Social, Cuadernos del IDES N° 3.
- Dichiara, Raul Oscar (1980): "Funciones de Producción para la Economía Argentina", Anales de la AAEP, Mar del Plata 1980.
- DNCN (1999): "Sistema de Cuentas Nacionales. Argentina - Año base 1993", Ministerio de Economía, Dirección Nacional de Cuentas Nacionales.
- Elías, Víctor J. (1983): "Funciones de Producción de Productos Múltiples", Universidad Nacional de Tucumán, Anales de la AAEP, Tucumán 1983.
- Elías, Víctor J. (1989): "Estimación de la Función de Producción Agregada con Datos de Corte Transversal de Países", Universidad Nacional de Tucumán, Anales de la AAEP, Rosario 1989.
- Elosegui, Pedro, GAREGNANI, Lorena, LANTERI, Luis, LEPONE, Francisco y SOTES PALADINO, Juan (2006): "Estimaciones Alternativas de la Brecha del Producto para la Economía Argentina", BCRA, Subgerencia General de Investigaciones Económicas.
- FIEL (1980): "*Indicadores de Coyuntura*", Números varios, Fundación de Investigaciones Económicas Latinoamericanas.
- FIEL (2002): "*Productividad, Competitividad, Empresas. Los Engranajes del Crecimiento*", Fundación de Investigaciones Económicas Latinoamericanas.
- Goldberg, Samuel y Ianchilovici, Beatriz (1988): "El stock de capital en la Argentina", *Desarrollo Económico*, Vol. 28, N° 110, (Jul. – Sep., 1988), pp. 281-304.
- Granger, C. W. J. and Newbold, P. (1974): "Spurious Regressions in Econometrics", *Journal of Econometrics*, N° 2 pp. 111-120.
- Graña, Juan M., Kennedy, Damián, Lindenboim, Javier y Pissaco, Carlos (2005): "La distribución funcional del ingreso en Argentina: Incidencia de los precios relativos en la última década", Proyecto UBACyT E-003, Mimeo.
- Greene, William H. (1998): "*Análisis Económico*", Tercera Edición, Prentice Hall.
- Hoch, Irving (1962): "Estimation of Production Function Parameters Combining Time-Series and Cross-Section Data", *Econometrica*, Vol. 30, N° 1 (Jan., 1962). pp. 34-53.
- Hodrick, Robert and Prescott, Edward (1997): "Postwar U.S. Business Cycle: An Empirical Investigation", *Journal of Money, Credit and Banking*, Vol. 29, N° 1 (Feb., 1997), pp. 1-16.
- Hofman, André A. (1990): "Economic Growth and Performance in Latin America", Serie Reformas Económicas N° 54, ECLAC, UN, Marzo.
- INDEC (1987): "Encuesta Permanente de Hogares. Presentación de Datos del Gran Buenos Aires – Abril 1987", Instituto Nacional de Estadística y Censos, Secretaría de Planificación.
- Jehle, Geoffrey A. and Reny, Philip J. (2001): "*Advanced Microeconomic Theory*", Second Edition, Addison Wesley.
- Jorgenson, Dale W. and Griliches, Zvi (1967): "The Explanation of Productivity Change", *The Review of Economic Studies*, Vol. 34, N° 3 (Jul., 1967), pp. 249-283.
- Katz, Jorge M. (1969): "Una interpretación de largo plazo del crecimiento industrial argentino", *Desarrollo Económico*, Vol. 8, N° 32, Argentina: Estrategias de Desarrollo (Jan. – Mar., 1969), pp. 511-542.
- Lanteri, Luis N. (1999): "Fuentes de crecimiento en la Argentina y en los países recientemente industrializados del Este de Asia ¿Podría pensarse en un milagro del crecimiento económico argentino?", Documento de trabajo N° 6, Mimeo.

- Lindenboim, Javier, Graña, Juan M. y Kennedy, Damián (2005): "Distribución funcional del ingreso en Argentina. Ayer y hoy", Universidad de Buenos Aires, CEPED, Documento de trabajo N° 4.
- Maia, José Luis y Nicholson, Pablo (2001): "El Stock de capital y la Productividad Total de los Factores en la Argentina", Dirección Nacional de Coordinación de Políticas Macroeconómicas, Secretaría de Política Económica y Regional, Ministerio de Economía.
- Maia, José Luis and Kweitel, Mercedes (2003): "Argentina: Sustainable Output Growth after the Collapse", Dirección Nacional de Políticas Macroeconómicas, Mimeo.
- Meloni, Osvaldo (1999): "Crecimiento Potencial y Productividad en la Argentina: 1980-1997", Universidad Nacional de Tucumán y Ministerio de Economía, Obras y Servicios Públicos, Mimeo.
- Miller, Edward (1990): "Can a Perpetual Inventory Capital Stock Be Used for Production Function Parameter Estimation?", *Journal of the Review of Income and Wealth*, Series 36, N° 1 (Mar., 1990).
- Motulsky, Harvey J. and Ransnas, Lennart A. (1987): "Fitting curves to data using nonlinear regression: a practical and nonmathematical review", University of California, Department of Pharmacology, FASEB J. pp. 365-374.
- OECD (2001a): "Measuring Capital. OECD Manual. Measurement of Capital Stocks, Consumption of Fixed Capital and Capital Services", OECD Publications, France.
- OECD (2001 b): "Measuring Productivity. OECD Manual. Measurement of Aggregate and Industry-Level Productivity Growth", OECD Publications, France.
- Roldós, Jorge (1997): "Potential Output Growth in Emerging Market Countries: The Case of Chile", International Monetary Fund, Working Paper 97/104.
- Solow, Robert M. (1956): "The Production Function and the Theory of Capital", *The Review of Economic Studies*, Vol. 23, N° 2 (1955-1956), pp. 101-108.
- Solow, Robert M. (1957): "Technical Change and the Aggregate Production Function", *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, N° 3 (Aug., 1957), pp. 312-320.
- Walters, A. A. (1963): "Production and Cost Functions: An Econometric Survey", *Econometrica*, Vol. 1/2 (Jan. – Apr., 1963), pp. 1-66.
- Wolkowitz, Benjamin (1973): "Estimation of a Set of Homothetic Production Functions: A Time Series Analysis of American Postwar Manufacturing", *Southern Economic Journal*, Vol. 39, N° 4 (Apr., 1973), pp. 626-637.
- Young, Alwyn (1995): "The Tyranny of Numbers: Confronting the Statistical Realities of the East Asian Growth Experience", *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 110, N° 3 (Aug., 1995), pp. 641-680.