# CAPITAL HUMANO Y EXTERNALIDADES DE LA EDUCACION.

# EFECTOS EN EL CRECIMIENTO ARGENTINO (1913 - 1984).*

DANIEL DULITZKY.
GUIDO PORTO.

Septiembre 1992

* UNLP y ITDT. agradecemos al Doctor Alberto Porto, por los valiosos comentarios recibidos para la realización de este trabajo, y por haber sido guía, y fuente permanente de estímulos durante los últimos tres años (Guido Porto agradece por algunas cosas más, un poco obvias para mencionar acá). También queremos agradecer al Dr. Adolfo Sturzenegger, quien nos inspiró, a través de sus clases de Crecimiento, para realizar el trabajo; al Dr. Pablo Sanguinetti, por sus comentarios, y, last but not least, a los que concurrieron al seminario en la Universidad de San Andrés y aportaron, con sus palabras o sus silencios a darle forma definitiva.

"It was the best of times, it was the worst of times, it was the age of wisdom, it was the age of foolishness, it was the epoch of believe, it was the epoch of incredulity, it was the season of light, it was the season of darkness, it was the spring of hope, it was the winter of despair, we had everything before us, we had nothing before us, we were all going direct to heaven, we were all going direct the other way..."

Charles Dickens
A tale of two cities

El objetivo del trabajo es analizar el efecto del capital humano sobre el crecimiento de largo plazo de la economía argentina, poniendo énfasis en el rol que juegan las externalidades de la educación en el sector productor de bienes finales. A tal efecto, se aplica un modelo propuesto por Lucas para el período 1913 - 1984, en el que la educación actúa como "motor" del crecimiento. Se llega a la conclusión de que la acumulación de capital humano por parte de un agente deteriora la productividad del resto de los agentes. Esta externalidad negativa se manifiesta en un capital humano de muy baja calidad y en una subutilización del stock creado.

## I- INTRODUCCION

Pocos deben ser los economistas que creen que el crecimiento para un país es perjudicial. La idea de contar con una mayor cantidad de recursos para distribuir es tentadora; disponer de una mayor cantidad de bienes y disfrutar de un mayor nivel de consumo a través del tiempo figura en la mente de la mayoría de las personas. Proyectando este sencillo argumento a nivel agregado, se podría afirmar entonces que quienes hacen política económica buscarán alcanzar una alta tasa de crecimiento sostenido, la cual está general -aunque no necesariamente- asociada a un mayor bienestar.

Felices estarían los gobernantes si aquí acabasen sus problemas, pero la definición del objetivo es sólo el primer paso. No sólo es importante crecer, sino cómo hacerlo. Un crecimiento

indiscriminado, no "controlado", puede llegar a disminuir el bienestar en lugar de aumentarlo, y asi se vuelve importante conocer los determinantes de dicho crecimiento, para poder dirigirlo y orientar los recursos adecuadamente.

La identificación de los factores que influyen en el crecimiento de un pais ha sido uno de los problemas que desvelaron y desvelan a los economistas. No se trata de algo nuevo, sino que nació con la ciencia misma (o más bien, la ciencia nació con este problema en su seno). Ya desde el siglo XVIII Adam Smith analizaba las causas del crecimiento; demostrativo es el titulo de su libro La Riqueza de las Naciones. En el siglo XIX, las "dinámicas grandiosas" de Marx y Ricardo proponian explicaciones sobre crecimiento, y aún más, sobre las causas del estancamiento de los paises. Asi, las teorias fueron evolucionando, enfatizándose el rol del progreso tecnológico, hasta que en 1956, Robert Solow construyó una teoria más sólida. El crecimiento de un país estaba determinado, básicamente por el progreso tecnológico, de modo tal que una tasa más alta de progreso tecnológico conducia a una tasa más alta de crecimiento de las variables per cápita. La segunda conclusión importante era que una tasa de ahorro màs alta no generaba un mayor crecimiento a largo plazo, sino sólo un mayor nivel de ingreso.

Seria injusto mencionar únicamente a Solow, dado que su trabajo reconoce valiosos antecedentes. Ya en 1928 Ramsey se dedicó a investigar cómo las preferencias de los agentes económicos en el tiempo afectaban las decisiones de consumo e inversión (ahorro) de una economia. Posteriormente, Cass y Koopmans generaron una serie de modelos de crecimiento económico que se encuadran dentro de la teoria neoclásica. No se puede omitir tampoco el trabajo de K. Arrow (1962a), quien desarrolló un modelo de learning by doing, el cual, asociado al progreso tecnológico determinaba el crecimiento de la economia. Más tarde, Romer incorporó rendimientos crecientes a escala en la industria como generadores de crecimiento endógeno. Finalmente, las ideas de Lucas terminaron de dar forma a los modelos de crecimiento con progreso tecnológico endógeno, en los que el crecimiento de largo plazo está asociado principalmente a la acumulación de conocimientos.

Mientras tanto, ¿qué ocurrió en Argentina?. Este pais ha sido una metáfora del caos. Los acontecimientos politicos y

económicos se han desarrollado de manera desordenada; particularmente en el ámbito de la economía, donde las políticas aplicadas (muchas veces condicionadas por otros factores) se han visto sustituidas unas por otras continuamente, aún antes de verificar su resultado.

En este contexto caótico surge naturalmente un interrogante, referido a la práctica de la ciencia; ¿cómo puede representarse el caos a través del orden, del método, de la lógica que implica el conocimiento científico? ¿se puede pensar en la aplicación de modelos de largo plazo en un país donde el largo plazo parece no existir?; por este camino se dirige el presente trabajo. Un camino que además del largo plazo, tiene en cuenta el crecimiento. No es un secreto que el país no ha crecido en los últimos años, como tampoco lo es el hecho de que las tasas de crecimiento han sido sumamente variables. Pareciera ser, sin embargo, que conseguida una aparente estabilidad, la atención se está empezando a centrar en este tema, por lo que sería aconsejable entonces mirar hacia el futuro, poniendo énfasis en alcanzar un crecimiento sostenido. El objetivo del trabajo es dar un paso en esta dirección, y para ello se intenta aplicar un modelo de crecimiento económico a largo plazo para la economía argentina. El modelo empleado proviene de Lucas (1988) y pertenece a la línea de modelos que explican el crecimiento a través de la "tecnología endógena". Es un modelo de "vidas infinitas", donde los agentes económicos deben tomar decisiones de carácter intertemporal, que consisten, por ejemplo, en consumir o acumular capital para disfrutar de un mayor consumo en el futuro; o, en destinar tiempo a la producción o a acumular capital humano. Se analizan todos los factores que están detrás de las decisiones que toman los agentes, es decir, los elementos que motivan a los individuos a seguir un cierto camino entre varios alternativos. En particular, el modelo analiza el rol del capital humano y de las externalidades en la educación como factores explicativos del crecimiento de un país. Estos elementos permiten obtener conclusiones interesantes -aunque tal vez algo extrañas- para la economía argentina.

La estructura del trabajo es la siguiente: en la sección II se describe el modelo; en la tercera se lo aplica a la Argentina para el período 1913-1984 y se presentan los resultados obtenidos. La sección IV resume las conclusiones. Se incluyen además dos anexos, uno matemático y otro estadístico.

El propósito del modelo es efectuar un análisis de los factores que influyen en el crecimiento económico de un país. Hablar de crecimiento involucra necesariamente una dimensión temporal. Para crecer se requiere tiempo, lo que imprime cierta dinámica a esta clase de modelos, y por eso el interés no está centrado en obtener valores aislados o de equilibrio para las variables fundamentales, sino trayectorias temporales de equilibrio. Los problemas de este tipo se conocen en la literatura matemática como problemas de control. Básicamente se trata de encontrar un sendero temporal de crecimiento equilibrado para ciertas variables, de modo tal que las decisiones que se tomen en un momento del tiempo tendrán un efecto instantáneo y otro que se trasladará hacia el futuro.

Se trabaja con una economía cerrada en la que los agentes económicos operan en mercados competitivos. La producción (Y) se obtiene usando dos factores: trabajo efectivo (que incluye el capital humano) y capital físico.

Se supone que la cantidad de trabajadores coincide con la población total (L); es decir, puede interpretarse a L como cantidad de horas trabajadas. La tasa de crecimiento de L es exógena e igual a $\lambda$.

El stock total de capital se denota con (K); su tasa de cambio, $\dot{K}$ se identifica con la inversión neta.

Conviene detenerse un momento en el concepto de capital humano, ya que es uno de los pilares sobre los que descansa el modelo. Existen muchas formas de especificar el capital humano, pero considerar todas las alternativas en un mismo modelo dificulta significativamente el análisis; cuantificarlas es aún más complicado.[1] Por lo tanto, se interpreta aquí como capital humano a

---

[1] Becker (1975) describe varias alternativas. Una de ellas es el "learning by doing", que incluye tanto "entrenamiento general" como "entrenamiento específico". Una segunda alternativa relaciona al capital humano con la información; información sobre los precios puede conducir a comprar mejor, y por lo tanto asignar los recursos más eficientemente; información sobre salarios puede conducir a emplearse en la firma que más paga; información sobre el sistema político y social puede aumentar el ingreso real. En general, una mejor información implica una inversión para obtenerla, con la posibilidad de un mayor retorno más adelante. Otra manera de invertir en capital humano consiste en mejorar la salud física y emocional de los individuos, disminuyendo la tasa de mortalidad, mejorando la dieta y las condiciones de trabajo de la población, promoviendo exámenes médicos, etc.

aquel proveniente de la educación -"schooling"-, que implica una mayor "habilidad" a medida que más se invierte -en términos de tiempo- en educación. La hipótesis que se aplica pone énfasis en la manera en que un individuo con cierta habilidad (h) distribuye su tiempo "útil" (neto de ocio) entre actividades productivas [u(h)] y acumulación de capital humano [1 - u(h)], y en como esta asignación afecta su productividad. En este sentido, la acumulación de capital humano tiene un efecto doble. En primer lugar, es obvio que un individuo que estudia y se capacita incrementará su propia productividad o nivel de habilidad. Este primer efecto se denomina <u>efecto interno</u> del capital humano. En segundo lugar, en la economía existe un nivel promedio de habilidad de la economía ($h_a$) que influye sobre la productividad de cada agente. La acumulación de capital humano de cada individuo tenderá a incrementar $h_a$ infinitesimalmente, aunque el impacto global -positivo o negativo- de L individuos será considerable. Sin embargo, para las decisiones de asignación del tiempo entre distintas actividades los individuos no reconocen que la inversión en capital humano de cada uno de ellos influye sobre la productividad de todos los demás. Es por eso que este segundo efecto, no percibido por cada agente se denomina <u>efecto externo</u>. El mismo puede manifestarse tanto en el sector productor de capital humano como en el sector productor de bienes finales. El primer caso comprendería externalidades generadas por el aprovechamiento de investigaciones o desarrollos científicos, transmisión de conocimientos, etc. El segundo caso, sobre el cual se centra el interés del trabajo, se refiere a la aplicación del capital humano acumulado, sobre la producción de bienes finales. Así, estas externalidades deben interpretarse como ventajas o desventajas -en términos de producción final- de dedicar recursos a la acumulación de conocimientos; ventajas que no son percibidas por cada uno de los agentes cuando actuan individualmente. El modelo no impone restricciones sobre el signo de estas externalidades. Si bien puede haber cierta presunción de que éstas serán positivas, el estudio de las secciones posteriores demostrará que en Argentina la educación genera externalidades negativas sobre la productividad de los agentes; así, es posible que la acumulación de capital humano provoque una reducción en la tasa de crecimiento de la producción.

Es realista pensar que el nivel de habilidad no es homogéneo, y que el tiempo destinado a producir varía entre las personas. En ese caso, habría que hablar de una fuerza de trabajo

efectiva ($L^e$) que se obtiene sumando las horas hombre dedicadas a producir, ponderadas por los distintos niveles de habilidad. Sin embargo, por simplicidad se supone que todos los individuos tienen un mismo nivel de habilidad, en cuyo caso la fuerza de trabajo efectiva será

$$L^e = u(h)\,L(h)\,h \tag{1}$$

La función de producción, con rendimientos constantes a escala es

$$F(K, L^e) = AK(t)^{\beta}[\,u(t)\,h(t)\,L(t)\,]^{1-\beta} h_a(t)^{\gamma} \tag{2}$$

donde el coeficiente que representa el nivel de tecnología (A), se supone constante.[2] Una vez obtenido, el producto se consume o se invierte (se supone un único bien, por lo que la inversión implica renunciar al consumo). Entonces

$$L(t)\,c(t) + \dot{K} = AK(t)^{\beta}[\,u(t)\,h(t)\,L(t)\,]^{1-\beta} h_a(t)^{\gamma} \tag{3}$$

donde c(t) es el consumo per cápita y $h_a(t)$ intenta captar el efecto externo. Obviamente, un valor no nulo de $\gamma$ está indicando la presencia de efecto externo. La función de producción representa producto neto interno.

Las preferencias de los individuos en relación al consumo se miden por una función de utilidad [$U(c_t)$]

$$U(c_t) = \int_0^{\infty} e^{-\rho t}\,\frac{1}{1-\sigma}\,[\,c(t)^{1-\sigma} - 1\,]\,L(t)\,dt \tag{4}$$

La ecuación 4 puede interpretarse como el valor presente de las utilidades que experimentan los individuos en un intervalo de

---

[2] El coeficiente A refleja el "estado de las artes" en un momento dado. Un modelo más completo debería contemplar el crecimiento del progreso tecnológico. Se intentó completar el análisis de Lucas -tal como él sugiere-. El análisis teórico resultó satisfactorio, porque al capital humano se sumó el progreso tecnológico como motor de crecimiento. Sin embargo, su aplicación práctica resultó imposible, como se explica en el Apéndice Estadístico.

tiempo infinito. La tasa de descuento ($\rho$) se supone positiva.[3] La función de utilidad empleada pertenece a la familia CRRA (constant relative risk aversion), donde ($\sigma$), el coeficiente de aversión al riesgo relativo, se supone también positivo. Adicionalmente, ($1/\sigma$) es la elasticidad intertemporal de sustitución del consumo, que indica el costo en términos de utilidad de postergar consumo en el tiempo.

El stock de capital humano que posee una familia o individuo tipo no se mantiene constante durante toda su vida. El crecimiento del mismo está influido por el stock de capital humano adquirido en un momento del tiempo, y por el esfuerzo o tiempo que se dedique a acumularlo. Sería lógico suponer, sobre todo en un horizonte de tiempo finito, que la tasa de crecimiento del capital humano está sujeta a "rendimientos decrecientes"; esto es, a medida que se va adquiriendo más h, su tasa de crecimiento se va haciendo cada vez menor. La idea subyacente es que como los individuos tienen una vida limitada, a medida que avanzan en edad acumulan menos h, porque no tendrán tiempo de aprovecharlo, o "cobrarlo" en el futuro. Si en cambio el horizonte de tiempo es infinito (como se asume en este trabajo), este supuesto carece de sentido, por cuanto invalidaría al capital humano como "motor" del crecimiento. Por lo tanto, la función con la que se trabaja es

$$\dot{h} = h(t)\delta[1 - u(t)] \qquad (5)$$

donde se suponen rendimientos constantes y la tasa de crecimiento depende fundamentalmente de 1-u(h), y de $\delta$, que actúa como un indicador de la efectividad de la inversión en capital humano.

Matemáticamente el problema consiste en maximizar (4) sujeto a (3) y (5) y a $h_0 = h$ para cualquier momento del tiempo.

En un cierto instante t del tiempo, cada familia o individuo cuenta con un cierto stock de capital físico y humano. Lo que debe decidir cada agente (o en su defecto un planificador central), es cuánto tiempo dedicar a la acumulación de capital humano y cuánto consumir -lo que no se consume se invierte, o sea es acumulación de

---

3 La tasa de descuento se llama también tasa de preferencia intertemporal y refleja el valor que se le asigna al consumo en distintos momentos del tiempo. Si el individuo fuera indiferente al consumo en distintos momentos del tiempo, la tasa de preferencia sería nula. En cambio, un valor de $\rho$ negativo implicaría preferencia por el consumo futuro, dado que las unidades futuras descontadas tendrán un mayor valor que las presentes. Al suponer $\rho$ positiva, se pretende reflejar la preferencia de la sociedad por el consumo presente.

capital físico-. Ese consumo va a proporcionar al individuo una cierta utilidad. Sin embargo no se trata de elegir un único valor de c y de u, sino un sendero temporal.* Ahora bien, se puede escoger cualquier sendero temporal para estas variables; este no es el caso para K y h, las que dependen, por un lado, de sus valores en un momento inicial, y por el otro del sendero elegido para c y u. Por eso el consumo y el tiempo destinado a producir en cada momento tienen dos efectos: afectan a la utilidad en el momento presente, y a la tasa a la cual cambian K y h, y luego, al stock de capital físico y humano disponibles en periodos siguientes.

Este problema se resuelve aplicando el principio del máximo. El Hamiltoniano en terminos corrientes es:

$$H(K, h, \theta_1, \theta_2, c, u, t) = \frac{L}{1-\sigma}(c^{1-\sigma}-1) + \theta_1[AK^{\beta}(uLh)^{1-\beta}h^{\gamma}-Lc] \\ \theta_2[\delta h(1-u) \tag{6}$$

La solución exige que se cumplan dos grupos de condiciones de primer orden. En primer lugar[a]

$$c^{-\sigma}=\theta_1 \tag{7}$$

$$\theta_1(1-\beta)AK^{\beta}(uLh)^{-\beta}Lh^{1-\gamma}=\theta_2\delta h \tag{8}$$

La primera ecuación indica que el aporte al bienestar derivado de consumir una unidad del bien en un momento del tiempo debe igualarse al que resultaria de sacrificar consumo presente y acumular capital. La segunda ecuación implica que el aporte al bienestar -valuado en términos de capital físico- derivado de asignar una unidad adicional de tiempo (u) a producción, debe igualarse al aporte al bienestar derivado de destinar una unidad adicional de tiempo a la acumulación de capital humano.

En segundo lugar se debe cumplir

$$\theta_1-\rho\theta_1=\theta_1\beta AK^{\beta-1}(uLh)^{1-\beta}h^{\gamma} \tag{9}$$

---

* La optimización propuesta no tiene sentido si no se consideran los periodos futuros por cuanto la maximización de la utilidad para un instante resultaria en dedicar todo el tiempo a la producción y consumir todo lo producido.

[a] Ver Apéndice Matemático.

$$\theta_2 - \rho\theta_2 - \theta_1(1-\beta+\gamma)AK^{\beta}(uL)^{1-\beta}h^{-\beta+\gamma} - \theta_2\delta(1-u) \qquad (10)$$

La ecuación (9) indica que se debe igualar el aporte al bienestar que se produce por aumentos de producción -vía aumentos de capital físico- con las pérdidas futuras de tal acción, que en este caso estarían dadas por la tasa de depreciación del capital físico en el tiempo ($-\theta_1$) y el costo por la "espera" que se produce al acumular capital y en consecuencia no poder consumir. La ecuación (10) es un poco más compleja. Si se decide acumular capital humano en lugar de producir (y por lo tanto consumir), el beneficio en términos de bienestar representado por $[\theta_2\delta(1-u)]$ -aporte directo al bienestar de destinar una unidad adicional de tiempo a acumular capital humano- y por el segundo término del miembro derecho de la ecuación -beneficio que resulta de un aumento en la producción debido a acumulación de capital humano- tiene que compensar el costo de no consumir en el presente ($\rho\theta_2$) y la tasa de depreciación del capital humano.*

En el modelo original a la Solow (1956) se puede demostrar que el sendero temporal óptimo elegido por los agentes económicos que toman decisiones de manera descentralizada coincide -bajo ciertos supuestos- con aquel elegido por un planificador central.[7] En este modelo, la introducción del efecto externo crea una divergencia entre los senderos temporales. Ocurre que los agentes económicos toman sus decisiones suponiendo un nivel de habilidad promedio ($h_a$) dado -lo que supone no considerar el efecto externo- en tanto que el planificador central reconoce que el efecto externo existe y lo tiene en cuenta para resolver el problema. En consecuencia $h_a$ no se toma como dado sino que varía. La ecuación (10) caracteriza la solución centralizada -solución óptima-, mientras que para cada individuo se tiene

---

* Según Dorfman (1969) las condiciones de primer orden plantean una relación entre decisiones de corto y largo plazo; la ganancia marginal inmediata debe igualarse al costo de largo plazo, o viceversa. En última instancia se trata de que en el sendero de equilibrio, a él o a ella les resulte indiferente consumir, o acumular capital físico, o acumular capital humano. Por razones de simplicidad se omiten las condiciones de transversalidad. Se trata de condiciones terminales, que indican que si al final de los tiempos la utilidad marginal del consumo es positiva, entonces el stock de capital físico, y el tiempo destinado a acumular capital humano van a ser iguales a cero (el caso contrario también es posible).

[7] Ver Blanchard & Fischer (1989)

$$\theta_2 = \rho\theta_2 - \theta_1(1-\beta)AK^{\beta}(uL)^{1-\beta}h^{-\beta}h^{\gamma} - \theta_2\delta(1-u) \quad (11)$$

Como $h_a(t) = h(t)$ para todo t -los mercados se equilibran instantáneamente- se obtiene

$$\theta_2 = \rho\theta_2 - \theta_1(1-\beta)AK^{\beta}(uL)^{1-\beta}h^{-\beta+\gamma} - \theta_2\delta(1-u) \quad (12)$$

que caracteriza la solución descentralizada -solución de equilibrio-.

La solución a este problema implica encontrar senderos de crecimiento equilibrado; es decir, soluciones en las que el consumo y ambos tipos de capital están creciendo a una tasa constantes y la asignación del tiempo total entre sus dos usos alternativos es también constante.

Sea $(\hat{K})$ la tasa de crecimiento del consumo per cápita, $\dot{c}(t)/c(t)$. De (7) se obtiene $\theta_1/\theta_1$ que se reemplaza en (9) para obtener

$$\beta AK(t)^{\beta-1}(u(t)h(t)L(t))^{1-\beta}h(t)^{\gamma} = \rho+\sigma\kappa \quad (13)$$

Dividiendo (3) por K(t) e igualando a (13)

$$\frac{\dot{L}c}{K} + \frac{\dot{K}}{K} = AK^{\beta-1}(uhL)^{1-\beta}h^{\gamma} = \frac{\rho+\sigma\kappa}{\beta} \quad (14)$$

A lo largo de un sendero de crecimiento equilibrado la tasa de crecimiento de las variables es constante; diferenciando (14) se obtiene

$$\frac{\dot{L}}{L} + \frac{\dot{c}}{c} = \frac{\dot{K}}{K} = \lambda+\kappa \quad (15)$$

En este modelo las tasas de crecimiento del consumo y del capital per cápita son iguales debido al principio de sustituibilidad perfecta entre consumo e inversión, que se origina en el supuesto de que en la economía existe un sólo bien.

Por definición, la tasa de ahorro es

$$s = \frac{\dot{K}}{\dot{L}c + \dot{K}} = \frac{\beta(\lambda+\kappa)}{\rho+\sigma\kappa} \quad (16)$$

Sea $\nu = \dot{h}(t)/h(t)$ la tasa de crecimiento del capital humano; de (5)

$$\nu = \delta(1-u) \quad (17)$$

Diferenciando (13) se obtiene la tasa de crecimiento del capital fisico y del consumo, per cápita, en función de la tasa de crecimiento del capital humano.

$$\kappa = \frac{1-\beta+\gamma}{1-\beta}\gamma \qquad (18)$$

La ecuación (18) indica que las tasas de crecimiento de las variables fundamentales dependerán de la tasa de crecimiento del capital humano. Este es uno de los resultados más importantes del modelo. Es Conveniente entonces analizar sus determinantes.

Mientras que los resultados hasta aqui obtenidos son aplicables indistintamente a la solución óptima y a la descentralizada, los dos caminos divergen cuando se trata de analizar la tasa de crecimiento del capital humano.

Diferenciando (7) y (8) y sustituyendo para $\theta_1/\theta_1$ se obtiene

$$\frac{\theta_2}{\theta_2} = (\beta-\sigma)\kappa - (\beta-\gamma)\gamma + \lambda \qquad (19)$$

Para el sendero eficiente, usando (10) y (8)

$$\frac{\theta_2}{\theta_2} = \rho - \delta - \frac{\gamma}{1-\beta}\delta u \qquad (20)$$

Despejando u de (17), eliminando $\theta_2/\theta_2$ entre (19) y (20) y reemplazando $\kappa$ de (18) se obtiene la solución para la tasa eficiente de crecimiento del capital humano $\gamma^*$

$$\gamma^* = \frac{1}{\sigma}\left[\delta + (\rho-\lambda)\frac{1-\beta}{1-\beta+\gamma}\right] \qquad (21)$$

Para el sendero de equilibrio se reemplaza (10) por (12); usando (12) y (8)

$$\frac{\theta_2}{\theta_2} = \rho - \delta \qquad (22)$$

que sustituye a (20). Entonces, eliminando $\theta_2/\theta_2$ entre (19) y (22), se obtiene la solución para la tasa de equilibrio de crecimiento del capital humano

$$\gamma = \frac{(1-\beta)[\delta-(\rho-\lambda)]}{\sigma(1-\beta+\gamma)-\gamma} \qquad (23)$$

En el caso general, se espera que $\gamma^*$ sea mayor que $\gamma$, lo que estaria indicando que a lo largo del sendero óptimo el capital humano crece más rápidamente que a lo largo del sendero de equilibrio. Esto es asi porque se está considerando una externalidad positiva. Sin embargo, la presencia de efecto externo no es condición necesaria para alcanzar un crecimiento sostenido, sino para que ese crecimiento sostenido sea mayor -suponiendo un efecto externo positivo-, como se observa en la ecuación (18), donde la presencia de $\gamma$ positivo implica un $\kappa$ más alto. En concreto, los resultados de la Sección III estarian indicando que la externalidad toma valores negativos en la economia argentina, sin que esto anule la posibilidad de que exista crecimiento endógeno. Por otro lado, puede verse en (17) que mientras mayor sea la efectividad $\delta$ de la inversión en capital humano, mayores van a ser las tasas de crecimiento eficiente y de equilibrio. Además, cuanto mayor sea $\rho$, menores serán $\gamma$ y $\gamma^*$ -ecuaciones (21) y (23)-; esto se debe a que al haber una mayor "impaciencia", se produce un sesgo, o preferencia por el consumo presente, y se está menos dispuesto a sacrificarlo para acumular cualquier tipo de capital.

## III- EL CASO ARGENTINO.

En esta sección se aplica el modelo a la Argentina para el periodo 1913 - 1984. Este periodo comprende 71 años.

En base a las ecuaciones (16), (18) y (23) -para la solución descentralizada- se tratarán de obtener valores para los parámetros fundamentales del modelo, $\rho$, $\delta$ y $\gamma$ -bajo ciertos supuestos en lo que respecta al valor de $\sigma$-. Tiene sentido también comparar esta solución con la del caso óptimo, o de planificación central, de modo de obtener conclusiones útiles para la política económica.

La tasa de crecimiento de la población, del capital físico y del producto, y la tasa de ahorro, se obtuvieron de Domenech (1986). Para todo el periodo los resultados fueron $\lambda = 0{,}0165$; $(\kappa + \lambda) = 0{,}0282$; $\kappa = 0{,}0117$; $s = 0{,}162$. La participación del capital ($\theta$) se

estimó en 0,6 (en promedio)*. La estimación de la tasa de crecimiento del capital humano arrojó un valor para $\gamma = 0{,}032$*.

Como se trata de un sistema de tres ecuaciones con cuatro incógnitas, es necesario introducir supuestos adicionales sobre el valor de alguna de las incógnitas - en este caso $\sigma$ -. Además, dada la estructura del modelo, no cualquier coeficiente de aversión al riesgo brindará resultados coherentes. A partir de (17), se observa que ni $\gamma^*$ ni $\gamma$ pueden exceder la tasa máxima $\delta$ de crecimiento del capital humano. Esta restricción determina una cota mínima para $\sigma$

$$\sigma \geq 1 - \frac{1-\beta}{1-\beta+\gamma} \frac{\rho-\lambda}{\delta} \qquad (24)$$

es decir que el modelo no se puede aplicar para valores bajos de aversión al riesgo, o para valores altos de la inversa de $\sigma$, que es la elasticidad de sustitución intertemporal.

Por otro lado, los valores de $\beta$ y $\sigma$ no se pueden aislar. De la ecuación (16) surge que $\beta + \sigma\Gamma = 0{,}104$. Este último valor es igual a la productividad marginal del capital físico, según (13). Debido a que el modelo supone un valor de $\rho$ positivo, el coeficiente $\sigma$ no sólo tiene una cota mínima, sino también máxima, $\sigma < 0{,}104/\Gamma$.

En la Tabla I se presentan los valores obtenidos para los parámetros del modelo; se suponen distintos valores de $\sigma$, y se calcula $\beta$ -ecuación (13)-, $\delta$ -ecuación (23)-, $\gamma^*$ -ecuación (21)- y $u$ y $u^*$ -ecuación (17)-.

---

* Si bien no sería correcto suponer que la participación del capital se ha mantenido constante a lo largo de todo el período, se puede ver en la ecuación (18) que, para cualquier valor de $B$, el signo de la externalidad no se verá afectado, para valores dados de $\Gamma$ y $\gamma$.

* Para los detalles ver Apéndice Estadístico.

Tabla I

RESULTADOS PARA LAS SOLUCIONES OPTIMA Y DE EQUILIBRIO

(para distintos valores de la elasticidad de sustitución intertemporal)

| σ (1) | ρ (2) | δ (3) | γ* (4) | u (5) | u* (6) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0923 | 0,1078 | -0,09987 | 0,70315 | 1,9264 |
| 2 | 0,0806 | 0,10778 | -0,3391 | 0,70309 | 1,3147 |
| 3 | 0,0689 | 0,10776 | -0,01193 | 0,70304 | 1,1107 |
| 4 | 0,0572 | 0,10774 | -0,00094 | 0,70298 | 1,0087 |
| 5 | 0,0455 | 0,10772 | 0,00565 | 0,70293 | 0,9475 |
| 6 | 0,0338 | 0,10770 | 0,01005 | 0,70288 | 0,9076 |
| 7 | 0,0221 | 0,10768 | 0,01319 | 0,70282 | 0,98775 |
| 8 | 0,0104 | 0,10766 | 0,01555 | 0,70277 | 0,8556 |
| 9 | -0,0013 | 0,10764 | 0,01738 | 0,70271 | 0,83854 |
| 10 | -0,013 | 0,10762 | 0,01884 | 0,70266 | 0,82494 |

(1) coeficiente de aversión al riesgo (inversa de la elasticidad de sustitución).
(2) tasa de preferencia intertemporal.
(3) efectividad de la inversión en capital humano.
(4) tasa eficiente de crecimiento del capital humano.
(5) fracción del tiempo destinada a producción -solución descentralizada-.
(6) fracción del tiempo destinada a producción -solución centralizada-.

Puede observarse que, para valores de σ cercanos o menores que cinco, la tasa óptima de crecimiento del capital humano es negativa -lo que parece poco razonable- y el tiempo que se destina a la producción es mayor que uno -lo que constituiría un *non sequitur*. La cota mínima para σ está, entonces, entre cuatro y cinco. Por otro lado, para valores de σ cercanos o mayores que nueve, la tasa de preferencia intertemporal es negativa, lo que viola uno de los supuestos del modelo. La cota máxima para σ está entonces entre ocho y nueve.

Los resultados de la tabla I pueden sintetizarse como sigue: la tasa de preferencia intertemporal toma valores entre 0,0104 y 0,0455; la efectividad de la inversión en capital humano es en promedio 0,10769; el tiempo destinado a producción para la solución de equilibrio es aproximadamente 0,702. Un planificador central asignaría en cambio, entre 0,85 y 0,95 del tiempo a producir, con una tasa óptima de acumulación de capital humano que varía entre 0,0155 y

0,0056.

Uno de los resultados más interesantes y extraños surge de computar el efecto externo del capital humano. Aplicando (18), se obtiene $\gamma$ = -0,254. Este resultado permitiría concluir que la acumulación de capital humano por parte de un individuo impone una externalidad negativa sobre la productividad del resto de los agentes. En cambio, en el trabajo de Lucas se concluye que para los Estados Unidos el efecto externo es positivo. El hallazgo del presente trabajo no implica negar la existencia de un componente positivo, dado que, por ejemplo, no se puede hacer abstracción de los beneficios derivados de contar con grupos dedicados a la investigación en distintas áreas, lo que indudablemente mejorará la productividad de los trabajadores en el sector productor de bienes finales. Pero en el agregado, los datos parecen sugerir que predomina el componente parcial negativo.

Se pueden proponer distintos casos sencillos de un efecto externo negativo. Por ejemplo, si la facultad de medicina tiene una estructura óptima que asigna un microscopio cada dos alumnos, es obvio que la presencia de muchos alumnos va a generar un efecto externo negativo sobre los ya existentes; todos acumulan, pero todos se perjudican; y en ese caso, los médicos mal formados, afectarán negativamente a la productividad del resto de los agentes, generando un efecto adverso en la producción de bienes finales (como caso extremo, malos diagnósticos médicos implicarán gente enferma, mal medicada, etc, con una productividad menor a la "natural"). Otro ejemplo: si las aulas de la facultad de derecho tienen capacidad para cien alumnos, y quieren cursar mil, si se asignan los lugares por sorteo sólo podrán hacerlo cien, sin que necesariamente éstos sean los mejores o los más capaces. El resultado será, entre otros, una defectuosa administración de justicia, lo que repercute negativamente en toda la economía. Así, dada una determinada infraestructura y un presupuesto educativo, existirá un número óptimo de alumnos, y el resto creará una externalidad negativa. En general, el problema es que se logra una baja calidad de la educación por congestión que hace que se requieran muchos años para aprender muy poco. Estos serían algunos ejemplos del "efecto calidad" de la externalidad. Del mismo modo, si la sociedad requiere cien arquitectos, y hay mil graduados habrá 900 desempleados o empleados en actividades donde son "subutilizados", pues ejercen una actividad para la cual no fueron

entrenados. Es decir, se acumula capital humano que una vez creado no se utiliza. También constituiría un efecto externo negativo el hecho de acumular capital humano que más tarde se "fuga" al exterior. El capital humano es un factor extremadamente móvil, por lo que invertir en este factor cuando su aporte al bienestar de la sociedad no va a ser aprovechado, genera una externalidad negativa sobre los factores que permanecen en el país. Nuevamente, se invierte en capital que finalmente no será empleado. Se estaría en presencia del "efecto subutilización" de la externalidad. Los ejemplos mencionados estarían indicando una mala asignación de los recursos.

¿Cómo reaccionaría un planificador central en estas circunstancias? Al enfrentarse con un efecto externo negativo -el cual no es contemplado por los agentes económicos que deciden descentralizadamente- éste concluye que el tiempo destinado a acumular capital humano excede al óptimo. La solución al problema desde este punto de vista exigiría disminuir el tiempo asignado a acumular capital humano, y por lo tanto destinar más tiempo a producir.

Podría parecer contradictorio, a la luz del modelo, proponer al capital humano como motor de crecimiento, y al mismo tiempo recomendar como óptima una política que disminuya su tasa de crecimiento. Esta aparente contradicción se explicaría porque la acumulación de capital humano presenta dos efectos sobre el crecimiento del producto: un efecto positivo, a través de la mayor habilidad con la que cuentan los agentes y un efecto negativo como consecuencia de la externalidad. Si el capital humano creado es de baja calidad, o si el stock final no es adecuadamente utilizado, este efecto generará una disminución en el producto. Por lo tanto, la solución no sería únicamente disminuir la tasa de crecimiento del capital humano sino mejorar su calidad y su utilización final.

Sin embargo, esta no es la única solución posible. El problema puede también analizarse por su dual, si se interpreta que más que una sobreinversión en capital humano, lo que ocurre es que existe una deficiencia y una mala asignación de capital físico. A partir de la ecuación (18) puede verse que la externalidad tomará valores negativos siempre que la tasa de crecimiento del capital humano supere a la del capital físico. Así, un acercamiento entre las tasas de crecimiento del capital físico y humano permitiría eliminar la externalidad y, luego, los efectos calidad y subutilización.

Es importante analizar las razones que inducen a los individuos a estudiar más que lo socialmente óptimo. En la Tabla I puede apreciarse que $u^* > u$, lo que estaría indicando que en la Argentina existe sobreinversión en capital humano. Esta situación podría explicarse por distintos factores. En primer lugar, existe una alta apropiabilidad privada del retorno de dicha inversión, lo cual según Arrow (1962b) generaría un importante incentivo a invertir en exceso. En segundo lugar, los costos privados -"directos" e "indirectos"- de esta inversión son relativamente bajos. El costo directo es el que debe afrontarse cuando se decide estudiar; incluiría por un lado costos pecuniarios (matrícula, aranceles, libros, transporte, gastos en preparación previa) y por otro lado, ciertos costos no pecuniarios. Estos costos son bajos porque la educación universitaria es libre y gratuita. El costo indirecto, o costo de oportunidad, se mide básicamente por el salario de mercado que se pierde de ganar quién decide capacitarse. Como el salario es bajo, la gente prefiere estudiar. En tercer lugar, habría un problema de información, ya que los agentes parecen no evaluar adecuadamente las verdaderas probabilidades de obtener un empleo de alto retorno. Es decir, existe cierta "miopía" en el sentido de que cada agente se compara con aquel graduado que consigue trabajo y así, el problema es que todos los individuos creen que pueden conseguir un empleo bien remunerado. En cuarto lugar, no debería ignorarse un fenómeno cultural: un grado universitario tiene una alta valoración desde el punto de vista social. Por último, la educación universitaria puede considerarse también como un bien de consumo; así, habrá individuos a los que la educación les genera utilidad. Estos cinco factores inducirán una gran <u>demanda</u> por educación.

Hay que tener en cuenta que existen también problemas de <u>oferta</u> de educación, por cuanto el sistema educativo actual está funcionando con cierta capacidad fija, la cual, dada la demanda, no es óptima. Así, se produce un exceso de demanda por educación que no ajusta ni por cantidad ni por precio, por lo que naturalmente debe ajustarse por calidad; es decir, todo aquel que desee estudiar puede hacerlo pero el resulado será un capital humano de baja calidad y un sistema educativo altamente congestionado.

Con estos argumentos en mente, es posible visualizar ciertas

claves para resolver el problema. La solución es alcanzable a través de dos alternativas: i) problemas de demanda: desalentar la acumulación de capital humano -en términos de tiempo dedicado a estadiar- (reducir su tasa de crecimiento), siempre que se mejore su calidad y su utilización final; ii) problemas de oferta: fomentar la acumulación de capital físico (aumentar su tasa de crecimiento).

Sin ser definitivos, la eliminación de la externalidad podría lograrse a través de alguna de las siguientes medidas:

1- Racionalizar la asignación de recursos -monetarios y humanos- en el sistema educativo. Una mejor distribución del presupuesto educativo permitiría aumentar la eficiencia, mejorar la infraestructura, aprovechar mejor los equipos disponibles en escuelas y universidades. En cuanto a los recursos humanos, esta racionalización implicaría reasignar el tiempo en favor del sector productivo; esto tendría dos efectos: por un lado aumentaría la producción, lo que daría lugar a una mayor dotación de capital físico; por otro lado, podría reemplazarse la dotación de capital humano -relativamente abundante, pero de mala calidad- por otra menor de mucha más calidad.

2) Implementar medidas tendientes a alentar la inversión en capital físico. Esto tendría, entre otros, dos efectos positivos. Por un lado, permitiría que los graduados dispongan de mayor capital para trabajar -lo que posibilitaría aprovechar de mejor manera el capital humano creado- y generaría nuevos puestos de trabajo. Por otro lado, se lograría una mayor productividad o efectividad del tiempo destinado a estudiar si parte del stock del nuevo capital físico se destina al sector educativo. Así, podría disponerse de equipos de computación, laboratorios, lo que aumentaría la calidad del stock creado. Además, la construcción de nuevas escuelas o dependencias universitarias permitiría eliminar -al menos en parte- la congestión existente en el sector[15]

---

[15] Es necesario aclarar que el modelo no permite el uso de capital físico en la producción de capital humano. Este supuesto se hace necesario para proceder a la estimación de los parámetros del modelo. La inclusión del capital físico en la función de producción de capital humano implica agregar una nueva variable al sistema y ninguna ecuación. Sin embargo, puede interpretarse que el capital físico entra en la producción de capital humano a través de el parámetro de eficiencia delta: más equipos y más establecimientos permiten aumentar la efectividad del tiempo destinado a estudiar, es decir, una unidad de tiempo permite generar capital humano de mayor calidad.

3) Implementar medidas tendientes a capturar parte del retorno de la inversión en capital humano. Los resultados obtenidos permitirían concluir que, si bien se acumula capital humano a una tasa relativamente alta, el stock creado no es aprovechado. En otras palabras, el gasto de la sociedad para crear capital humano no se recupera. A veces, el conocimiento de mayor calidad emigra; otras, el capital creado no es empleado.

4) Establecer las señales de precios socialmente óptimas, que le indiquen a cada individuo los costos y beneficios verdaderos de dedicarse a estudiar. Algunas alternativas podrían ser: i) aumentar el costo de oportunidad de estudiar; ii) aumentar el costo directo con la imposición de aranceles, impuestos al graduado; iii) establecer barreras a la entrada de acuerdo a la capacidad educativa instalada; iv) mejorar el sistema de información sobre el mercado de trabajo - cantidad que se ofrece cada año en determinada especialidad (medible por el número de egresados de cada año) y saturación de demanda-, que le indique a cada estudiante sus verdaderas posibilidades de obtener un empleo especializado de alto retorno.

Obviamente, todas estas recomendaciones parciales deberían complementarse con un apropiado sistema de becas, que permita recibir educación gratuita a aquellos que merecen educarse pero que no pueden afrontar los gastos.[44]

## IV - RESUMEN Y CONCLUSIONES.

En este trabajo se ha presentado un modelo de crecimiento

---

[44] Una lectura cuidadosa de las recomendaciones de este trabajo y de la metodología de construcción de la serie de capital humano puede revelar una aparente contradicción entre ambas. A partir del modelo de Lucas puede inferirse que existe sobreinversión en capital humano -en términos de tiempo de estudio-. Así, la recomendación es disminuir el tiempo destinado a acumular capital humano, aumentando la fracción de tiempo útil utilizada para producir bienes finales. Según la metodología empleada, una reducción en la tasa de crecimiento del capital humano puede lograrse disminuyendo los gastos públicos en educación. Sin embargo, no debería concluirse que el trabajo recomienda reducir los gastos en educación; la dificultad de trabajar con estadísticas hace imposible lograr el nivel de desagregación de las variables que el modelo requiere. Así, no fue posible dividir los gastos públicos en corrientes y de capital. Si esto fuera posible, la contradicción puede resolverse recomendando racionalizar los gastos corrientes en educación y aumentar los gastos de capital, que en última instancia puede interpretarse como inversión de capital físico. De esta manera, es posible eliminar la externalidad y compatibilizar la metodología de construcción de la serie y las principales conclusiones que pueden extraerse del trabajo.

económico de largo plazo, donde se pone énfasis en el capital humano -adquirido a través de educación- como factor generador de crecimiento. Posteriormente se lo aplicó a la Argentina, cuantificando los parámetros del modelo. Además de utilizar estimaciones de otros autores (aprovechando algún efecto externo que pueda haber por ahí), se efectuaron estimaciones propias, lo que, sin duda, las hace pasibles de las consideraciones y críticas que se hacen tradicionalmente en cuanto a "manejo de datos" en la ciencia económica en general, y en Argentina en particular. Los datos estadísticos en el país parecen ser un "bien de lujo". Por lo tanto, la búsqueda y elaboración del material estadístico -seguramente deficiente pero perfectible- es una de las contribuciones del trabajo.

En cuanto a los resultados del modelo para la Argentina, se pueden mencionar los siguientes: la tasa de preferencia intertemporal toma valores entre 0,0104 y 0,0455; la efectividad de la inversión en capital humano es relativamente constante (0,1077); el tiempo destinado a producción para la solución de equilibrio es aproximadamente 0,7028. La solución del planificador central, en cambio, asigna entre un 85% y un 95% del tiempo a producir, con una tasa óptima de acumulación de capital humano que varía entre 0,0155 y 0,0056, y que es menor que la de equilibrio (0,0032). El resultado más interesante es que la acumulación de capital humano genera una externalidad negativa sobre la productividad del resto de los factores ($\gamma$ = -0,254). Esto puede explicarse por la congestión existente en el sector educativo, lo que genera capital humano de baja calidad y subaprovechamiento del capital creado.

De los resultados obtenidos surgieron ciertos lineamientos, que pueden ser útiles para recomendaciones de política económica, orientados a la eliminación del efecto externo, como por ejemplo reasignar tiempo en favor de producción, racionalizar los recursos destinados a educación, procurar un mayor aprovechamiento del capital humano, alentar inversiones en capital físico y modificar el sistema de costos y beneficios, para que representen la estructura real de costos sociales y así lograr que la asignación del tiempo sea la óptima. De más está decir que las presentes recomendaciones deben tomarse con cuidado y como una primera aproximación. Existen claras limitaciones teóricas y de disponibilidad de datos. Entre otras, el crecimiento de la población se supone exógeno, cuando en realidad las tasas de natalidad y mortalidad no son constantes; se plantea una sola

hipótesis de acumulación de capital humano, basada en la educación, aunque existen muchos otros elementos que deberían considerarse; la serie estimada contempla una visión parcial ya que sólo se incluyen gastos del sector público, sin contabilizar los de las familias. Sin embargo, el estudio realizado y la realidad argentina permitirían concluir que el sistema educativo actual sufre una crisis importante, que se refleja en una muy baja calidad de la educación. Además, es preocupante observar que el nivel de calidad es decreciente. Desatender el problema o estudiarlo con una visión parcializada puede profundizar la crisis actual; es necesario tomar decisiones rápidas y acertadas.

**APENDICE MATEMATICO**

En este apéndice se brindan algunos "indicios" para la obtención de los resultados matemáticos de la Sección II.

1) Ecuaciones (7) y (8): el primer conjunto de condiciones de primer orden surge directamente de igualar a cero las derivadas del Hamiltoniano con respecto a las variables de control u y c.

2) Ecuaciones (9), (10) y (11): diferenciando las variables de coestado $\theta_1$ y $\theta_2$ -precios de los incrementos del capital físico y humano respectivamente- con respecto al tiempo y el Hamiltoniano con respecto a las variables de estado K y h[16]

$$\frac{\partial \theta_1 e^{-\rho t}}{\partial t} = \dot{\theta}_1 e^{-\rho t} - \rho e^{-\rho t}\theta_1 \qquad (A.1)$$

$$-\frac{\partial H}{\partial K} = -e^{-\rho t}[\theta_1 A\beta K^{\beta-1}(uLh)^{1-\beta}h^{\gamma}] \qquad (A.2)$$

$$\frac{\partial \theta_2 e^{-\rho t}}{\partial t} = \dot{\theta}_2 e^{-\rho t} - \rho e^{-\rho t}\theta_2 \qquad (A.3)$$

$$-\frac{\partial H}{\partial h} = -e^{-\rho t}[\theta_1 AK^{\beta}(uL)^{1-\beta}(1-\beta+\gamma)h^{-\beta+\gamma} + \theta_2\delta(1-u)] \qquad (A.4)$$

Igualando A1 con A2, y A3 con A4 se obtiene el segundo conjunto de condiciones de primer orden.

Para la obtención de la ecuación (11), se debe tener en cuenta que para el sendero de **equilibrio** h' se transforma en $h_e'$ que se toma como dado; por lo tanto

$$-\frac{\partial H}{\partial h} = -e^{-\rho t}[\theta_1 AK^{\beta}(uL)^{1-\beta}(1-\beta)h^{-\beta}h_e^{\gamma} + \theta_2\delta(1-u)] \qquad (A.5)$$

que debe igualarse a A2 para obtener (11)

3) Ecuación (15): expresando (14) en logaritmos

$$\ln L + \ln c - \ln K = \ln\left[\frac{\rho+\sigma\kappa}{\beta}\right]$$

y diferenciando

---

[16] Considerar que el Hamiltoniano de la ecuación (6) está expresado en valores corrientes, y por lo tanto, no incluye el término de descuento $e^{-\rho t}$.

$$\frac{\dot{L}}{L}+\frac{\dot{c}}{c}-\frac{\dot{K}}{K}=0$$

ó

$$\frac{\dot{L}}{L}+\frac{\dot{c}}{c}=\frac{\dot{K}}{K}=\lambda+\kappa \qquad (A.6)$$

4) Ecuación (16): de (A6) surge que

$$\dot{K}=K(\lambda+\kappa) \qquad (A.7)$$

y de la ecuación (14), que

$$Lc+\dot{K}=K\left(\frac{\rho+\sigma\kappa}{\beta}\right) \qquad (A.8)$$

entonces

$$s=\frac{dK/dt}{F(L^*,K)}=\frac{\dot{K}}{Lc+\dot{K}}=\frac{\beta(\lambda+\kappa)}{\rho+\sigma\kappa} \qquad (A.9)$$

5) Ecuación (18): diferenciando logarítmicamente (13)

$$(\beta-1)\frac{\dot{K}}{K}+(1-\beta)\frac{\dot{L}}{L}=-(1-\beta+\gamma)\frac{\dot{h}}{h}$$

que puede expresarse como

$$(1-\beta)\kappa=(1-\beta+\gamma)v$$

de donde

$$\kappa=\frac{(1-\beta+\gamma)}{(1-\beta)}v \qquad (A.10)$$

6) Ecuación (19): diferenciando (7) se obtiene

$$\frac{\dot{\theta}_1}{\theta_1}=-\sigma\kappa \qquad (A.11)$$

diferenciando (8)

$$\frac{\dot{\theta}_1}{\theta_1}+\beta\kappa+\lambda+(1-\beta+\gamma)v=\frac{\dot{\theta}_2}{\theta_2}+v \qquad (A.12)$$

la ecuación (19) se obtiene reemplazando $\theta_1/\theta_1$ de (A11) en (A12)

7) Ecuaciónes (20) y (21): de la ecuación (8) surge

$$\theta_1 = \frac{\theta_2 \delta h}{(1-\beta) A K^{\beta} (uh)^{-\beta} L^{1-\beta} h^{1+\gamma}} \qquad (A.13)$$

reemplazando $\theta_1$ de (A13) en (10) y reordenando se obtiene (20). Ahora, igualando (19) y (20) se elimina $\theta_2/\theta_2$

$$(\beta-\sigma)\kappa-(\beta-\gamma)\nu+\lambda=\rho-\delta-\frac{\gamma}{1-\beta}\delta u \qquad (A.14)$$

despejando u de (17)

$$u=\frac{\delta-\nu}{\delta} \qquad (A.15)$$

reemplazando u en (A14) por (A15), $\kappa$ en A(14) por la ecuación (18) y despejando para $\nu$ se obtiene la tasa de crecimiento óptima del capital humano.

8) Ecuaciones (22) y (23): sustituyendo $\theta_1$ de (A13) en (12) y reordenando se obtiene (22). Ahora, igualando (19) y (22) se elimina $\theta_2/\theta_2$

$$(\beta-\sigma)\kappa-(\beta-\gamma)\nu+\lambda=\rho-\delta \qquad (A.16)$$

reemplazando $\kappa$ en (A16) y reordenando se obtiene la ecuación (23)

9) Ecuación (24): $\nu^* < \delta$ implica que

$$\sigma^{-1}\left[\delta-\frac{1-\beta}{1-\beta+\gamma}(\rho-\lambda)\right] \leq \delta$$

despejando $\sigma$ se obtiene (24). Por otro lado $\nu < \delta$ implica que

$$\frac{(1-\beta)(\delta-(\rho-\lambda))}{\sigma(1-\beta+\gamma)-\gamma} \leq \delta$$

despejando $\sigma$ se obtiene también (24).

## APENDICE ESTADISTICO.

Para poder realizar el ejercicio empírico propuesto en la sección III fue necesario contar con datos sobre las tasas de crecimiento de las variables relevantes. A partir de las series estadísticas de Domenech (1986) se obtuvieron los siguientes resultados; tasa de crecimiento de la población ($\lambda$) igual a 0,0165; tasa de crecimiento del capital físico igual a 0,0281; tasa de crecimiento del producto igual a 0,0283. Una de las conclusiones del modelo original a la Solow es que, en el sendero de crecimiento equilibrado, ambas tasas son iguales.[13] Como puede apreciarse, los datos permiten concluir que este requisito se cumple en Argentina. Para el trabajo se consideró el promedio de ambas tasa de crecimiento, o sea ($\Gamma + \lambda$) igual a 0,0282. Sin embargo, en la aplicación del modelo interesan las tasas per cápita ($\Gamma$) iguales a 0,0117. Las regresiones de producto, capital, y población fueron corregidas para eliminar la autocorrelación, usando el método iterativo de Cochrane - Orcutt. También a partir del trabajo de Domenech se obtuvo la tasa de ahorro promedio para todo el período igual a 0,162. El valor estimado para la participación del capital ($\beta$) fue de 0,6 -Elías (1978).

Como se mencionó en la nota 5 se intentó completar el modelo introduciendo cierta tasa de progreso tecnológico. El resultado "teórico" obtenido fue satisfactorio, por cuanto se determinaron dos motores de crecimiento. Sin embargo, al realizarse la aplicación práctica surgieron serios problemas, ya que para cuantificar los parámetros se dispuso de un sistema de tres ecuaciones con cinco incógnitas. Como se detalla en la Sección III, una de las incógnitas se anuló, suponiendo distintos valores de $\sigma$. Se intentó calcular un valor para la tasa de progreso como residuo del crecimiento del producto que los factores no pueden explicar. Lamentablemente, dada la estructura de la función de producción y el nivel de información disponible, esto no fue posible de lograr.

Se ha enfatizado en la sección II la importancia del capital humano como determinante inmediato de la tasa de crecimiento del producto de un país. No fue posible contar con datos sobre el stock de capital humano para la Argentina, menos para un período tan largo. Así, la tasa de crecimiento del capital humano fue calculada a partir

---

[13] El modelo a la Solow comprueba uno de los hechos estilizados de Kaldor.

de una estimación propia del stock de capital. Como se mencionó anteriormente, la serie es una solución de "second-best", pero la única que existe -por ahora-.

La serie fue obtenida siguiendo el método propuesto en un trabajo de Harberger y Selowsky (1966). A partir de datos sobre inversión en educación, se trata de calcular el stock de capital humano. Cada año, los entrantes a la fuerza de trabajo aportan cierto monto de capital humano, el cual ha sido incorporado vía educación. Parte de este capital humano se utiliza para cubrir la depreciación -desgaste por muerte, retiro de trabajadores, obsolescencia del conocimiento). Para la confección de la serie fue necesario disponer de datos sobre la productividad marginal del capital humano. Una medida de dicha productividad fue obtenida a partir de estimaciones de Petrei y Delfino (1989): los autores proveen datos para 1974, 1980 y 1985 por nivel de enseñanza; se procedió a ponderar estos valores por cantidad de alumnos en cada nivel de enseñanza; luego, se hizo un promedio simple, lo que permitió determinar una productividad aproximada del 12%.

La serie de inversión en capital humano fue obtenida considerando el gasto medio en educación, lo que se hizo calculando el gasto público consolidado -Nación y provincias- por alumno. Las series de gasto público en educación -Piffano (1989) y (1990), contaduría de la Pcia de Bs. As. (1978), Vargas de Flood (1990), Nuñez Miñana y Porto (1982), Bunge (1940)- fueron expresadas como porcentaje del P.B.I. -Domenech (1986)-. Las series del número de alumnos se obtuvo de Piffano (1990), Vargas de Flood (1990) y Bunge (1940). Una vez obtenido el gasto medio, la serie de inversión se obtuvo a través de la fórmula

$$\frac{I_{g_t}}{E_t} = \sum_{k=1}^{g} (Cme)_{t-k}(1,12)^{k-1}$$

que indica que el monto de capital educacional promedio incorporado por un individuo que ingresa a la fuerza de trabajo depende del tiempo durante el cual se acumuló capital humano -g- , que se estimó en nueve años, y de la productividad marginal -0,12-.

Las series de entrantes (E) a la fuerza de trabajo se obtuvo suponiendo que una fracción f -8,33%- de los alumnos en el año previo

entran a trabajar en cada año.[14] Multiplicando las series de Ie/E -ecuación 1- por la serie de E se obtiene la serie de inversión en educación (Ie).

Las series de capital humano se estimaron utilizando el método del inventario permanente que consiste en sumar al stock inicial la inversión en cada periodo y restar la depreciación -se supone que la tasa de depreciación es de un 10%, igual que la del capital físico- a través de la fórmula

$$K_{E_t} = 0,9\, K_{E_{t-1}} + I_{E_t}$$

Una vez disponible la serie de capital humano, se calculó el stock de capital inicial suponiendo que, con anterioridad a 1913, *Ie/E* crecía a una tasa promedio del 10%.[15] Así, el capital educacional para 1923[16] surge de aplicar la fórmula

$$K_{23-k} = I_{E_{23}}(1-0,1)^k(1-0,1)^k(1-0,03241)^k$$

Finalmente, sumando para k =1,...,9 años surge la serie de capial humano. La tasa de crecimiento fue calculada suponiendo un modelo semi-log, haciendo las correcciones pertinentes: se obtuvo un

---

[14] Existe una relación directa entre g y f. Si g se supone constante, f también deberá serlo. El valor de f se calculó como sigue. La tasa de crecimiento del número de alumnos fue estimada en 0,03241; siguiendo a Haberger y Selowsky, si en el noveno año (g) hay 100 alumnos, en el octavo habrá 103,24, en el séptimo 106,48, y así sucesivamente para los nueve años, lo que resulta en 1017 alumnos en el sistema por cada 100 en el noveno año. De este modo aproximadamente un 10% -100/1017- de los alumnos dejarían los estudios cada año. De este 10% se supone que sólo un 83% consigue entrar a la fuerza de trabajo.

[15] Ninguna explicación de esta cifra podrá ser más clara que las siguientes citas. "La verdad es que la Argentina nunca ha repetido una empresa educativa de envergadura y de la expansión inicial de su escual primaria, que exigió imaginación, empuje, inversión de capital y mística", (el subrayado no es del original); MIGONE, Emilio Fermín (1978), "Relación entre el sistema político y el sistema educativo en la Argentina 1853 - 1943. FLACSO, Doc de Trabajo, Bs As. La cita proviene de Vargas de Flood (1989).

Por otro lado, Vargas de Flood (1989) afirma: "Entre 1895 y 1909 se fundaron más de 2000 escuelas en todo el país y la matrícula se incrementó en 330.000 alumnos, llegándose a un millón en 1916; el país contaba en aquel entonces con 8 millones de habitantes. Es conocido en nivel educativo de la escuela primaria de esa época, que alcanzó los niveles mundiales y superó a los logrados por la enseñanza media y superior"

[16] El método empleado implica la pérdida de datos para 9 años.

valor para V igual a 0,032. Este resultado parecería ser exagerado en comparación al 0,009 que Denison obtiene para los Estados Unidos. Cuestiones metodológicas pueden influir significativamente en el cálculo del stock de capital humano y algo de la diferencia puede explicarse en este sentido. Sin embargo, se considera que una tasa de 3,2% para todo el período es razonable. Demostrativo de esto son las palabras de Bunge (1940): "Durante el cuarto de siglo posterior al último censo general (se refiere al de 1914), fue creciente el esfuerzo para suprimir el analfabetismo. La Argentina es uno de los países que desde hace muchos años más gastan en educación, con relación al respectivo número de habitantes, a la capacidad económica, a los recursos financieros y a los gastos en defensa nacional...; y mucho más que todos los otros países de las Américas de Sur sumadas" (la aclaración y el subrayado no son del original).

A continuación se presentan los resultados obtenidos.

CUADRO I

ESTIMACION DEL STOCK DE CAPITAL HUMANO

| AÑO | COSTO | ALUMNOS | CME | w/E | ENTRANTES | w | STOCK DE CAP. HUMANO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1914 | | 846560 | | | | | |
| 1915 | 3.3909 | 984469 | 3.960523378E-06 | | | | |
| 1916 | 3.5666 | 1084165 | 3.504810191E-06 | | | | |
| 1917 | 4.0676 | 1060044 | 3.827359615E-06 | | | | |
| 1918 | 4.4817 | 1107972 | 4.044873568E-06 | | | | |
| 1919 | 4.7577 | 1159413 | 4.103000512E-06 | | | | |
| 1920 | 5.1958 | 1196822 | 4.343101716E-06 | | | | |
| 1921 | 5.4277 | 1239930 | 4.413016825E-06 | | | | |
| 1922 | 5.7585 | 1283091 | 4.549990035E-06 | | | | |
| 1923 | 6.3521 | 1298005 | 4.893500495E-06 | 9.0277031E-05 | 121917 | 0.0000 | 25.3553707447 |
| 1924 | 7.1119 | 1328000 | 5.352971339E-06 | 9.1479883E-05 | 119726 | 9.8523 | 39.9721998003 |
| 1925 | 8.0974 | 1383518 | 5.910639178E-06 | 9.3503955E-05 | 113621 | 7.4428 | 34.1477345739 |
| 1926 | 9.0064 | 1402282 | 6.422974995E-06 | 9.5164213E-05 | 110857 | 9.0799 | 26.5128656227 |
| 1927 | 10.0808 | 1442147 | 6.973241758E-06 | 9.7350380E-05 | 120176 | 8.7971 | 43.7227411052 |
| 1928 | 10.9380 | 1483186 | 7.375070886E-06 | 9.7911439E-05 | 122039 | 9.0085 | 50.9953219360 |
| 1929 | 11.7741 | 1505211 | 7.7181807E-06 | 9.8516418E-05 | 127106 | 10.0326 | 54.6060872349 |
| 1930 | 12.4221 | 1544674 | 7.9189988E-06 | 9.9882787E-05 | 130722 | 11.3953 | 60.7997064417 |
| 1931 | 13.3858 | 1618157 | 8.273286126-06 | 9.4966787E-05 | 124880 | 12.8126 | 67.3289167537 |
| 1932 | 14.3452 | 1611240 | 8.103080146-06 | 0.0001014117 | 130372 | 14.1328 | 74.9885991 38395 |
| 1933 | 15.0035 | 1725000 | 8.159481816-06 | 0.0001017716 | 143754 | 15.5214 | 80.8184884119589 |
| 1934 | 15.5426 | 1750598 | 8.284667196-06 | 0.0001138162 | 146305 | 16.8881 | 91.5146864618659 |
| 1935 | 17.3709 | 1837869 | 9.454758616-06 | 0.0001181161 | 153189 | 18.2430 | 100.6985344008 |
| 1936 | 17.9673 | 1892274 | 9.386530116-06 | 0.0001240269 | 157690 | 19.5910 | 110.0054266648 |
| 1937 | 18.2970 | 1948291 | 9.381313636-06 | 0.0001271487Z | 162358 | 20.6436 | 119.8465749238 |
| 1938 | 19.5429 | 2005068 | 9.748247476-06 | 0.0001307434B | 167184 | 21.8558 | 129.5302895452 |
| 1939 | 20.8883 | 2065348 | 1.001983125-05 | 0.0001344868B | 172112 | 23.1474 | 139.7327361979 |
| 1940 | 21.8323 | 2126448 | 1.017278636-05 | 0.0001378868B | 177307 | 24.4256 | 150.1590881040 |
| 1941 | 21.8667 | 2147751 | 1.018182266-05 | 0.0001408467 | 178878 | 25.2265 | 160.2957142182 |
| 1942 | 22.7440 | 2198827 | 1.048303426-05 | 0.0001429545 | 183108 | 25.8401 | 170.1871353828 |
| 1943 | 22.9894 | 2180817 | 1.048347236-05 | 0.0001448274 | 182571 | 26.4364 | 179.6158518868 |
| 1944 | 23.1386 | 2212825 | 1.072677866-05 | 0.0001466834 | 184403 | 27.0834 | 188.7048355759 |
| 1945 | 24.9546 | 2234851 | 1.118586036-05 | 0.0001485701Y | 185349 | 27.6998 | 197.9610940679 |
| 1946 | 25.4883 | 2329147 | 1.09474772E-05 | 0.0001504232I | 194088 | 28.5847 | 207.9065784029 |
| 1947 | 26.0419 | 2427313 | 1.072807196-05 | 0.0001544269I | 202279 | 31.0368 | 217.9927490397 |
| 1948 | 26.0135 | 2528837 | 1.028594E-05 | 0.0001554893A | 210801 | 32.7725 | 228.8658995287 |
| 1949 | 26.8190 | 2636233 | 1.017347476-05 | 0.0001582858A | 219686 | 34.2839 | 240.3592849466 |
| 1950 | 29.5303 | 2747342 | 1.074867266-05 | 0.0001573331A | 228945 | 36.0203 | 252.3436351750 |
| 1951 | 29.8403 | 2863296 | 1.048668676-05 | 0.0001578047A | 237602 | 37.5007 | 264.5100101268 |
| 1952 | 29.9733 | 2947000 | 1.050958216-05 | 0.0001585254A | 247350 | 39.7098 | 276.8588111879 |
| 1953 | 27.1479 | 3084109 | 9.803826E-06 | 0.0001543758A | 257008 | 39.5790 | 288.8490285401 |
| 1954 | 28.8401 | 3205309 | 9.997559796-06 | 0.0001564539A | 267108 | 40.2161 | 300.2801868502 |
| 1955 | 29.3899 | 3331254 | 9.822490486-06 | 0.0001478511A | 277904 | 40.9488 | 311.3021113404 |
| 1956 | 28.7572 | 3460157 | 9.594886056-06 | 0.0001440561A | 288914 | 41.5655 | 321.8441838618 |
| 1957 | 23.8385 | 3598203 | 8.009606396-06 | 0.0001393985A | 299950 | 41.7900 | 331.7757409987 |
| 1958 | 35.3158 | 3730098 | 9.443748736-06 | 0.0001374482A | 311633 | 42.6022 | 340.6900158031A |
| 1959 | 31.0640 | 3886545 | 7.992707336-06 | 0.0001301583 | 323879 | 42.1571 | 348.9124869694 |
| 1960 | 27.0311 | 4039288 | 6.6920729E-06 | 0.0001205173A | 336906 | 42.2489 | 356.9011085923 |
| 1961 | 29.2781 | 4196090 | 6.993679176-06 | 0.0001223569B | 349850 | 42.6865 | 363.8974822511B |
| 1962 | 29.5780 | 4338227 | 6.681135856-06 | 0.0001195284B | 361519 | 43.2118 | 370.7185245452B |
| 1963 | 30.2110 | 4485504 | 6.716880396-06 | 0.0001184435B | 374059 | 43.3257 | 378.6732489275 |
| 1964 | 29.4212 | 4656313 | 7.348135756-06 | 0.0001126888B | 388276 | 43.7575 | 383.0334540061 |
| 1965 | 27.8306 | 4828660 | 7.7932161-06 | 0.0001101765 | 402388 | 44.3348 | 388.0648379647 |
| 1966 | 31.8812 | 5004102 | 8.325309396-06 | 0.0001135074Z | 417014 | 47.3341 | 397.4825736033 |
| 1967 | 42.7637 | 5188044 | 9.2406217E-06 | 0.0001281855B | 432170 | 47.1866 | 404.8025106672 |
| 1968 | 44.4012 | 5374536 | 9.298805396-06 | 0.0001062249 | 447878 | 48.0005 | 412.9972716241 |
| 1969 | 49.8789 | 5569878 | 9.954706826-06 | 0.0001193205 | 464197 | 51.9097 | 423.9042509435 |
| 1970 | 51.0157 | 5772048.1 | 9.8379471E-06 | 0.0001146391 | 481039 | 55.1710 | 436.4166863393 |
| 1971 | 51.2128 | 5983418 | 9.721568986-06 | 0.0001180807 | 498393 | 57.9929 | 450.0662902119 |
| 1972 | 53.9351 | 6040350.9 | 9.8299804E-06 | 0.0001225453J | 503363 | 61.6847 | 467.2643727867 |
| 1973 | 59.3373 | 6261560.5 | 1.103869296-05 | 0.0001270867B | 522465 | 66.3255 | 487.0814087409 |
| 1974 | 61.4253 | 6514564.4 | 1.215882716-05 | 0.0001328648B | 551213 | 73.2482 | 511.6214594233 |
| 1975 | 60.1171 | 6783063.6 | 1.181083226-05 | 0.0001375551T | 565281 | 77.7572 | 536.2165185478 |
| 1976 | 48.6191 | 6986537 | 7.2582236E-06 | 0.0001364004J | 573878 | 78.4256 | 563.8184488868 |
| 1977 | 54.6667 | 6937873.4 | 7.8734693E-06 | 0.0001368752B | 579159 | 80.6661 | 588.3078052538 |
| 1978 | 57.3859 | 6874357.9 | 8.003755586-06 | 0.0001414681B | 581171 | 82.2311 | 611.7019401123 |
| 1979 | 58.0288 | 7041066 | 8.061718846-06 | 0.0001434244 | 589756 | 84.2729 | 634.6065549851 |
| 1980 | 56.1577 | 7215061 | 1.19413716-05 | 0.0001486151 | 601255 | 89.3556 | 660.9841555218 |
| 1981 | 62.8050 | 7392708 | 1.120686586-05 | 0.0001526886I | 618056 | 94.1672 | 686.8025356029 |
| 1982 | 63.3520 | 7726077 | 8.198785036-06 | 0.0001486273B | 640460 | 95.6210 | 715.7436342957A |
| 1983 | 78.9317 | 7932171 | 9.950763756-06 | 0.0001429197B | 661014 | 94.4720 | 736.8412838112 |
| 1984 | 96.1121 | 8391398 | 1.169012686-05 | 0.0001390094I | 699219 | 97.2062 | 761.9633756347 |

Fuente y método: Apendice estadístico

## REFERENCIAS


ARROW, K. (1962a). "The Economic Implications of Learning By Doing", Review of Economic Studies, Vol 29.

ARROW, K. (1962b). "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention", en R. NELSON ed. The Rate and Direction of Inventive Activity, Princeton University Press, Princeton.

BECKER, G. (1975). Human Capital. A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education, 2nd edition, National Bureau of Economic Research, New York.

BLANCHARD, O. y FISCHER, S. (1989). Lectures on Macroeconomics, M.I.T. Press, Cambridge, Massac.

BUNGE, A. E. (1940). La Nueva Argentina, Ed. G Kraft, Bs. As.

Contaduria General de la Provincia, (1978). Gastos e Ingresos del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. Series Históricas 1885 - 1976, La Plata.

DOMENECH, R. A. (1986). "Estadisticas de la Evolución Económica en Argentina", Estudios, No 39.

DORFMAN, R. (1969). "An Economic Interpretation of Optimal Control Theory", American Economic Review, VOL LIX, No 5 (Dec.).

ELIAS, V. J. (1978). "Productividad en el Corto y Largo Plazo en la Argentina", Desarrollo económico, VOL 16, No 70.

HARBERGER, A. y SELOWSKY, M. (1966). "Fuentes del Crecimiento Económico Chileno", Cuadernos de Economia, año III, No 10.

INTRILIGATOR, M. D. (1973). Optimización Matemática y Teoria Económica, Prentice Hall, Madrid.

JOHNSTON, J. (1978). Econometric Methods, 3rd Edition, McGraw Hill, New York.

LUCAS R. E. Jr. (1988). "On the Mechanics of Economic Development", Journal of Monetary Economics, 22.

NUÑEZ MIÑANA, H. y PORTO A. (1982). Coparticipación Federal y Tamaño del Sector Público Provincial, VOL. III, Consejo Federal de Inversiones, Bs. As.

PETREI, A. H. y DELFINO, J. A. (1989). "La Educación y la Estructura de Ingresos en el Mercado Laboral", en Ensayos en la Economia de Educación, A. H. PETREI (ed.), edición del autor, Buenos Aires.

PIFFANO, L. P. (1989). Economia y Finanzas de la Educación, PNUD, Buenos Aires.

PIFFANO, L. P. (1990). Fondo Nacional Para el Financiamiento de la Educación, PNUD, Bs. As.

REBELO, S. (1991). "Long-Run Policy Analysis and Log-Run Growth", Journal of Political Economy, Vol 99, No 3.

ROMER, P. M. (1986). "Increasing Returns and Long Run Growth", Journal of Political Economy, Vol 94, No 5.

ROMER, P. M. (1990). "Are Non-Convexities Important for Understanding Growth", American Economic Review, Papers and Proceeding, Vol 80, No 2.

SALA-I-MARTIN, X. (1990a). "Lectures Notes on Economic Growth (I): Introduction to the Literature and Neoclassical Models", NBER Working Paper No 3563.

SALA-I-MARTIN, X. (1990b). "Lectures Notes on Economic Growth (II): Five Prototype Models of Endogenous Growth", NBER Working Paper No 3564.

SOLOW, R. (1956). "Una contribución a la teoria del desarrollo económico", en Lecturas sobre la teoria económica del desarrollo, ROJO DUQUE, A. (ed.), Madrid.

VARGAS DE FLOOD, C. (1990). "El rol del estado en los sectores sociales. Periodo 1890 - 1945", trabajo realizado para el CONICET,no publicado.