

ANCE

Buenos Aires, 5 de Octubre de 2016.

Sesión Ordinaria Privada

**Comunicación de Victor Elias**  
**Tecnología, Educación y Crecimiento<sup>1</sup>**

1. En esta sesión quería compartir con ustedes algunas preguntas que me hice en los últimos años sobre los modelos de crecimiento económico. Quizás ustedes ya lo hayan analizado y comprendido. A pesar que todavía me concentro en identificar empíricamente las fuentes del crecimiento económico, no van a creer que aun estudio los aspectos teóricos del crecimiento económico, en parte para no contradecir a Marshall y en parte por incentivos de la docencia. Mi presentación será del tipo “Thesis Proposal”.

2. Yo comencé, como muchos de ustedes, con el modelo neoclásico de Solow en donde el motor del crecimiento era el cambio tecnológico exógeno no incorporado a los insumos, representado por  $A$  que era así del tipo neutral a la Hicks. Como generalmente se suponía una función de producción agregada del tipo Cobb-Douglas (que tiene elasticidad de sustitución  $\sigma=1$ ), resultaba indistinto que el cambio tecnológico sea incorporado al insumo trabajo o capital, o no incorporado, no aparecía explícitamente la condición que para el modelo sea estable el cambio tecnológico debía estar totalmente incorporado al insumo trabajo ( $A_L$ ). También recordamos que Solow desarrolló el modelo Solow II en donde todo el cambio tecnológico estaba incorporado en el Capital  $A_K$  (“embodiment hypothesis”). Recordemos también que Joan Robinson demostró que si el cambio tecnológico era del tipo neutral a la Harrod, el mismo debería estar totalmente incorporado al insumo trabajo ( $A_L$ ).

---

<sup>1</sup> Este año nos dejaron los Dres. Julio Olivera y Aldo Ferrer, quienes aportaron durante décadas sus conocimientos y sabiduría a la Academia y al desarrollo de nuestra ciencia. Los extrañaremos mucho. Al Dr. Olivera lo conocí en 1960 cuando estaba en el Banco Central visitándolo por un pedido del Dr. Adolfo Diz. En 1963 cuando estaba estudiando en la Universidad de Chicago me envió saludos con Miguel Sidrauski. El año pasado también recibí sus saludos a través de uno de sus graduados en un Seminario en San Javier, Tucumán. Al Dr. Ferrer lo conocí en 1964 en la reunión de Centros de Investigación Económica que se realizó en Córdoba. En 1972 participamos en un Congreso en Montebello, Canadá, organizado por el International Development Centre de Canadá. Allí también conocí a los dedicados al planeamiento urbano encabezados por el Arquitecto Hardoy. Al regresar a Buenos Aires en Ezeiza estaba la Sra. del Dr. Ferrer con su auto. Me ofrecieron llevarme al centro. En el camino se pinchó la rueda y el Dr. Ferrer tuvo que cambiarla. En los últimos años seguía por los periódicos sus pasos en importantes funciones públicas.

3. Si bien en los cincuenta cuando Solow genera su modelo, ya existían las observaciones de Nicholas Kaldor sobre los hechos estilizados sobre la constancia ( $\zeta$ ) de la razón producto-capital ( $Y/K$ ) o de la tasa de interés  $i$ , y de la participación de los salarios en el producto ( $\alpha_L$ ), no estaba muy en claro como jugaba ello en la estabilidad de largo plazo del modelo de Solow (neoclásico con  $A$ ). En realidad había también otro hecho estilizado que era la importancia del residual o “cambio tecnológico en el crecimiento, por lo cual la mirada estaba en el rol de  $A$  (sin distinguir si era  $A_L$  o  $A_K$ ).

4. Daron Acemoglu se preocupó de discernir sobre la dirección del cambio tecnológico y en el 2001 hace uno de sus aportes en la conferencia en homenaje a Edmund Phelps. Aquí se trata al cambio tecnológico como incorporado pero inducido o endógeno. Comienza con la teoría recibida y luego presenta su contribución para ver los determinantes de  $A_L$  y  $A_K$  y para explicar el aumento sustancial en el “skilled wage premium” ( $W_S/W_U$ ) en Estados Unidos.

En un modelo con tecnología incorporada a los insumos  $A_L$  y  $A_K$ , con función de producción CES iguales para todas las firmas, ellas maximizan las ganancias para determinar la cantidad de insumos  $L$  y  $K$  a utilizar, pero siguiendo a C. Kennedy (1964) y Drandakis y Phelps (1965) elige  $A_L$  y  $A_K$  maximizando la tasa de reducción de costos para un dado ( $K/L$ ).

Ello es equivalente a maximizar la tasa de crecimiento del producto<sup>2</sup> ( $R$ ) tomando los insumos  $K$  y  $L$  como dados:

$$R = \alpha_L \widehat{A}_L + (1 - \alpha_L) \widehat{A}_K$$

en donde  $\alpha_L$  es la tasa de participación de  $L$  en el producto.

$R$  se debe maximizar sujeto a la restricción de la “frontera de posibilidades de innovación”, conocida como la “Kennedy frontier”, que establece el “trade off” entre generar  $\widehat{A}_L$  versus  $\widehat{A}_K$ . El punto a elegirse en esta frontera que daría la solución  $(\widehat{A}_L, \widehat{A}_K)$  depende del cociente  $(1-\alpha_L)/\alpha_L$ , que indica que cuando mayor es  $\alpha_L$  mayor será  $\widehat{A}_L$ . Ello ya fue indicado por Hicks (1932)<sup>3</sup>.

El equilibrio que satisface las evidencias empíricas que destacan Harrod y Kaldor y la neutralidad de Harrod de largo plazo y asegurando la estabilidad del equilibrio ( $Y/K$ , tasa de

---

<sup>2</sup> Kennedy trabaja con la minimización del costo que en este caso es similar a maximizar el crecimiento del producto ya que los insumos están fijos.

<sup>3</sup> Ahmad (1969) propone una frontera entre cambios absolutos de  $A_L$  y  $A_K$  en lugar de relativos, por lo que el precio relativo es entre precio de los insumos y no entre las tasa de participación. En su caso parece no estar claro si la frontera tecnológica sea totalmente tecnológica, y estaría mezclada con decisiones económicas. Algunos sostienen que ello es un inconveniente, pero en realidad sería más apropiado para su análisis económico.

interés, y  $\alpha_L$  constantes) obliga a una solución donde  $\widehat{A}_K=0$  y todo el cambio tecnológico que se genera es el incorporado en el insumo trabajo  $\widehat{A}_L$ . Este equilibrio determina también a  $\alpha_L$ . Ferguson (1969) señala que en un modelo de dos sectores: bienes de consumo y bienes de capital, lo destacado anteriormente corresponde al caso en que el cambio tecnológico se dé solamente en el sector de bienes de capital que equivaldría a un modelo de un solo sector. En este caso el cambio tecnológico debe ser del tipo neutral a lo Harrod. En el caso que el cambio tecnológico ocurre solamente en el sector de bienes de consumo, el cambio tecnológico debe ser neutral a la Hicks, y de allí no todo el cambio tecnológico estaría incorporado en L (Uzawa, 1961).

Acemoglu en base al enfoque de Kennedy destaca dos resultados: (1) habrá un mayor cambio tecnológico incorporado en el insumo que es más “caro”, y (2) la innovación inducida y la acumulación de capital determinan el equilibrio de las participaciones de los insumos en el producto, estableciendo que todo el cambio tecnológico va a ser incorporado al trabajo y que la participación del trabajo en el producto va a ser constante en el largo plazo. A su vez de Drandakis y Phelps (1965) se establece que la economía va a tender al equilibrio de largo plazo si la elasticidad de sustitución entre trabajo y capital ( $\sigma$ ) es menor a uno, y considera ello como el tercer resultado de la literatura en innovación tecnológica.

Acemoglu señala que este enfoque para determinar la dirección tecnológica se basa en el supuesto que la firma maximiza el crecimiento del producto (R) y no que maximizan sus beneficios. De allí plantea la necesidad de tener un modelo de innovación con fundamentos micro<sup>4</sup>. Su planteo es ofrecer una alternativa a la frontera tecnológica de las innovaciones, generando una nueva frontera que transforme los recursos disponibles entre los dos tipos de innovaciones. Advierte que no todo modelo de crecimiento endógeno genera crecimiento de largo plazo. Cuando existen recursos escasos usados R&D (Research and Development), el crecimiento sostenido requiere de insumos que se vuelvan cada vez más productivos a través del tiempo (como ser “spillovers” de las investigaciones pasadas, pero muchas veces el uso de resultados anteriores van disminuyendo?)

Del modelo que propone Acemoglu surge un efecto adicional sobre la innovación tecnológica, al cual llama efecto tamaño de mercado. El anterior era el efecto precio reflejado en  $\alpha_L$  (participación del trabajo en el producto). Este nuevo efecto indica que la innovación responde más al insumo más abundante.

---

<sup>4</sup> En estos modelos el producto sube en una proporción mayor que los insumos y los beneficios.

Una de las implicancias del modelo de Acemoglu es que si aumenta más un insumo que otro, aumenta más el cambio tecnológico incorporado al insumo que aumentó más<sup>5</sup>. Este resultado nos “aparta” un poco del que tomando en cuenta las evidencias empíricas que señalan Harrod y Kaldor el cambio tecnológico debe ser solo el incorporado al trabajo  $A_L(\zeta)$ .

Para constatar empíricamente el efecto tamaño del mercado de Acemoglu, presentamos algunos gráficos. El primero brinda un diagrama de dispersión entre cambio en la calidad del trabajo y la tasa de cambio de la razón capital trabajo (K/L). Para ello se toma el crecimiento de estas variables en el período 1990-2010 para cada uno de 85 países. El efecto tamaño del mercado indicaría una relación negativa. El gráfico no lo convalida salvo que miremos los datos extremos que podrían apoyarlo en parte. Ello podría deberse a que el indicador de calidad del trabajo que utilizamos responde al efecto sustitución y no al concepto de “labor augmented”.

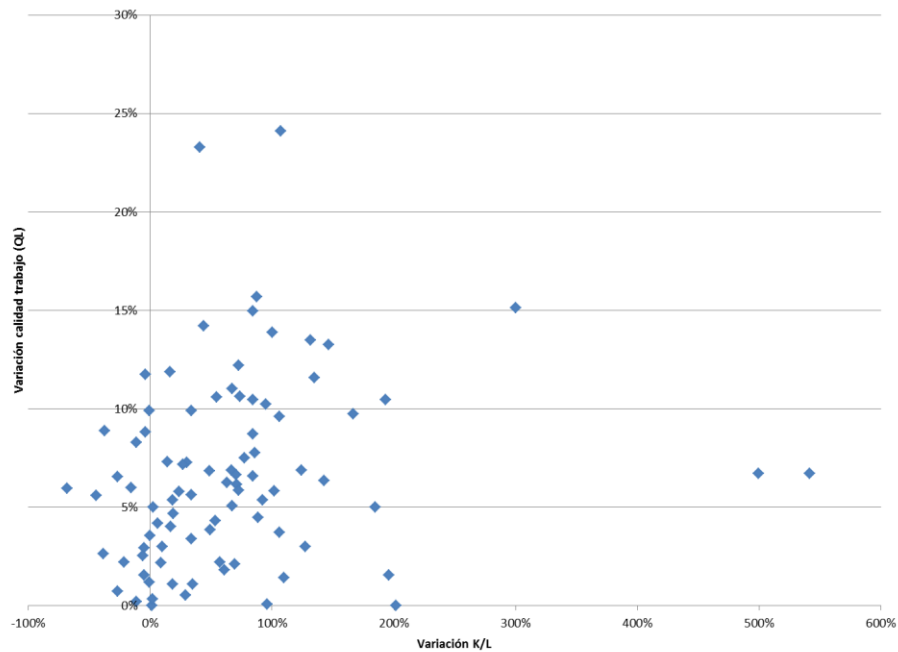


Figura 1. Diagrama de dispersión: Variación K/L vs. Variación  $\widehat{Q}_L$  (1990-2010). Relación Capital Trabajo y Cambios en Calidad de Trabajo. Corte Transversal. Fuente: The Conference Board Total Economy Database™, September 2015, Barro R. & J.W. Lee, v. 2.1, Feb. 2016. Number of countries: 85

<sup>5</sup> Este resultado hace recordar al efecto Rybsinski, que establece que si aumenta la cantidad de uno de los insumos aumenta la producción del bien que utiliza más intensamente dicho insumo y baja la producción del otro bien, manteniendo constante los precios relativos de los insumos (o productos). Pienso que Uzawa (1961) usó este resultado para generar su modelo.

El segundo gráfico es del tipo temporal agregado de 85 países a través del período 1990-2010. Acá observamos la conducta de los años de escolaridad promedio de la fuerza laboral y de la razón capital-trabajo, ambos tomados como índice con 1990=100. En el primer gráfico la calidad del trabajo estaba medida por el indicador que surge de contabilidad del crecimiento

$$\widehat{Q}_L = \sum \frac{w_i}{\bar{w}} \Delta \left( \frac{L_i}{L} \right)$$

en cambio acá se toma directamente el nivel escolar. En realidad no está claro cómo medir la “labor augmented technology”. La medida basada en el nivel de escolaridad también la capta  $\widehat{Q}_L$ , que está basada en la sustitución. Quizás podría ser la calidad de la educación o bien el porcentaje de un cierto tipo de capital no humano. El segundo gráfico presenta una tendencia mucho más creciente para la dotación relativa de factores que el nivel de escolaridad, convalidando en parte el efecto tamaño de mercado de Acemoglu.

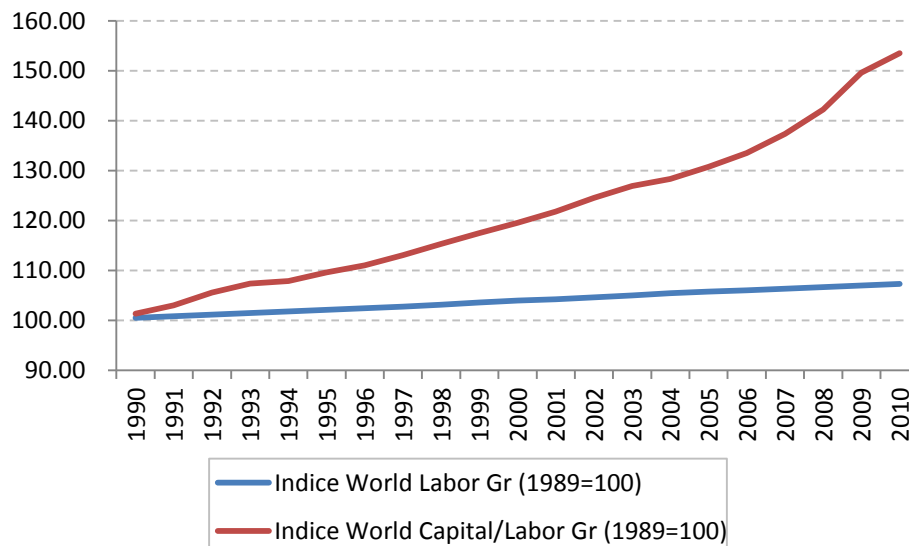


Figura 2. Cambio de calidad del empleo promedio mundial vs razón capital-trabajo promedio mundial (no ponderadas). Fuente: The Conference Board Total Economy Database™, September 2015, Barro R. & J.W. Lee, v. 2.1, Feb. 2016. Number of countries: 85

5. En realidad Acemoglu extiende el modelo de Kennedy-Drandakis-Phelps para explicar la conducta del “premium” por “skilled” en Estados Unidos ( $w_S/w_U$ ), en donde en los últimos años subió en forma persistente a pesar de la suba registrada en la razón empleo “skilled”-empleo “unskilled” ( $L_S/L_U$ ). La dirección del cambio tecnológico es su herramienta para explicar esta

conducta y los cambios en la desigualdad. O sea que podríamos decir que su línea de trabajo sigue la de Kennedy, donde el objetivo es explicar los cambios en la distribución del ingreso (funcional o personal  $\zeta$ ).

6. Es interesante ver que Hayami y Ruttan (1971) sugieren una dirección del cambio tecnológico al estilo del efecto tamaño del mercado de Acemoglu, pero basado en la dotación relativa de factores. Con datos del sector agropecuario para muchos países en un dado año ellos presentan un diagrama de dispersión entre productividad media de la tierra ( $Y/H$ ) y la productividad media del trabajo ( $Y/L$ ):

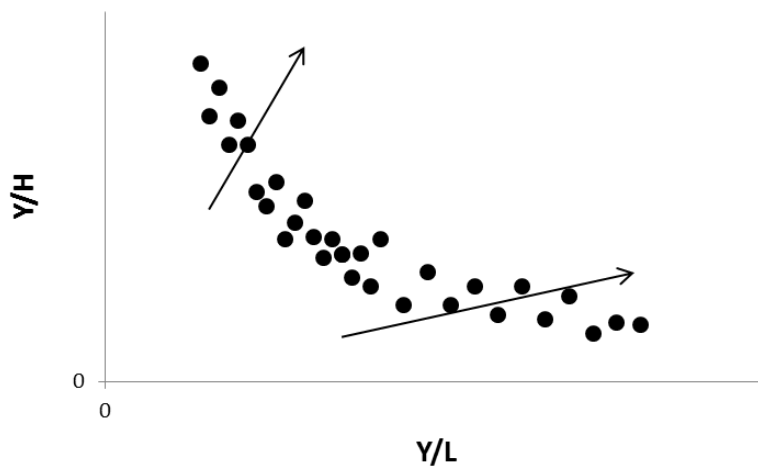


Figura 3. Esquema de “isocuanto” Hayami-Ruttani.

encontrando un tipo de isocuanto. Combinando luego diversos años observan que los países con alto  $Y/H$  y bajo  $Y/L$  avanzan “tecnológicamente” manteniendo esa situación (ver flecha en el gráfico). La dirección se da en favor del recurso abundante.

7. El modelo de Acemoglu si bien es un avance sobre el de Kennedy introduciendo un cierto proceso de maximización de las firmas que no lo hace tan tecnológico como el de Kennedy queda aún la necesidad de explicar ciertas cosas como las que sugiere Nancy Stokey (2001), como ser: (a) ¿quién elige el punto sobre la frontera tecnológica?; (b) ¿cómo se lo puede conectar con la inversión en R&D (“research and development”) de las firmas individuales?; (c) no hay una estructura para pensar sobre las R&D guiados por los beneficios (aunque Acemoglu incluye ello pero tiene otros problemas); (d) ¿por qué debe verse todo el cambio tecnológico como

“factor augmenting” (incorporado en los insumos)? ¿Los R&D toman esta forma?; (e) ¿qué explicaciones alternativas existen para las evidencias sobre tasa de interés, la razón producto-capital, y la tasa de participación del trabajo en el producto?; (f) con respecto a la naturaleza del modelo preocupa que las variables que lo motivan sean no observables o no medibles, y sobre cuáles son las observaciones empíricas que motivan el modelo, ya que la estimación de la frontera tecnológica necesita de una gran variación en  $\alpha_L$  (la participación laboral)<sup>6</sup>, y que los cambios en la productividad total de factores varía a través de las industrias y los años; (g) considera que la pequeña variación que presenta la tasa de interés (Homer and Sylla, 2005) y su similitud en muchos países es un desafío a explicar.

8. Es interesante sumar a esta presentación los últimos trabajos de Robert E. Lucas (Jr) sobre modelos de crecimiento económico, y en especial su presentación reciente en Tucumán (Septiembre 2016) en un Seminario organizado por Juan Pablo Nicolini. Lucas parece haber llegado a la conclusión que el único motor del crecimiento es el capital humano a través del flujo de ideas que origina. La respuesta de las familias a invertir en educación ha generado diversas evidencias conectadas con el crecimiento. Una de ellas es el movimiento a salirse de la agricultura tradicional. Otra es la disminución en el tamaño de la familia. Menciona que la revolución industrial generó la aparición de una clase de personas educadas, miles, ahora varios millones, de personas que dedican su entera carrera intercambiando ideas, resolviendo problemas relacionados a su trabajo, y generando nuevos conocimientos. Su argumento se canaliza a través del análisis de la cohorte, y no en el aumento de la productividad en la producción de capital humano, o en la tasa social de retorno de la inversión en educación. La externalidad de las ideas es el vehículo que él utiliza. Una versión anterior de su modelo puede verse en Lucas (2009).

9. Para terminar quiero hacer referencia a un muy reciente trabajo de Nancy Stokey (2016), presentado en un Seminario organizado por Fernando Alvarez en homenaje a la distinción Phoenix que la división de Ciencias Sociales de la Universidad de Chicago le otorgó a Lucas. En este trabajo Stokey mantiene tres motores del crecimiento (tecnología, capital humano, nuevos bienes) interactuando entre ellos. No es un motor en lugar de otro, sino que los tres tienen su lugar. Creo que este trabajo responde en parte la inquietud presentada por Adolfo Sturzenegger en la discusión que se hizo de mi comunicación.

## Referencias

Acemoglu, D. (2016), Intercambio de comunicaciones.

---

<sup>6</sup> Desde 1980 se observa a nivel mundial una tendencia decreciente en  $\alpha_L$ , que a su vez lleva a replantearnos el resultado que todo el cambio tecnológico es “labor augmentig”.

- Acemoglu, D. (2009), Introduction to Modern Economic Growth, Princeton University Press (Chapter 15), Princeton and Oxford.
- Acemoglu, D. (2001), “Factor prices and technological change: From induced innovations to recent debates”, Knowledge, Information, and Expectations in Modern Macroeconomics: in Honor of Edmund S. Phelps (edited by Philippe Aghion, Roman Frydman, Joseph Stiglitz, and Michael Woodford), Princeton University Press.
- Ahmad, S. (1966), “On the theory of induced invention”, Economic Journal, LXXVI, 344-357.
- Becker, G. (1971), Economic Theory, NY. Alfred Knopfs.
- Drandakis, E.M. and E.S. Phelps (1966), A model of induced invention, growth and distribution, Economic Journal, LXXVI, 823-840.
- Ferguson, C.E. (1969), The Neoclassical Theory of Production and Distribution, Cambridge University Press.
- Harrod, R.F. (1956), Towards a dynamic economics, London MacMillan and Co Ltd.
- Hayami, Y. and V.W. Ruttan (1971), Agricultural Development: An International Perspective, Baltimore The John Hopkins Press.
- Hicks, J.R. (1932), The theory of wages, London MacMillan and Co Ltd., second edition, 1963.
- Homer, S. and R. Sylla (2005), A History of Interest Rates, (fourth edition), John Wiley & Sons Inc.
- Kaldor, N. (1957), “A model of economic growth”, Economic Journal, LXVII, 591-624.
- Kennedy, C. (1964), “Induced bias in innovation and the theory of distribution”, Economic Journal, LXXIV, 541-547.
- Lucas, R.E. (2009), “Ideas and Growth”, Economica, 76, 1-19.
- Robinson, J. (1938), “The classification of inventions”, Review of Economic Studies, V, 139-142.
- Stokey, N.L. (2001), “Comments on Acemoglu”, en Knowledge Information, and Expectations in Modern Macroeconomics. Ibidem.
- Stokey, N.L. (2016), “Technology, Skill and Long Run Growth”, Conference in Honor of Robert E. Lucas, Phoenix Prize Recipient, BFI, University of Chicago, October 7-8.
- Uzawa, H. (1961), “Neutral inventions and the stability of growth equilibrium”, Review of Economic Studies, XXVIII, 117-124.
- Uzawa, H. (1961), “On a two sector model of economic growth”, Review of Economic Studies, XXIX, 40-47.



## Preguntas y comentarios

1. Fernando Navajas: ¿Qué reflexión me cabe las contribuciones y resultados recientes de Thomas Piketty sobre desigualdad en la distribución de ingresos y críticas sobre sus evidencias? Piketty enfatiza en ver lo que ocurre en el porcentaje del total de ingresos que corresponde a los que están en la parte alta de la distribución, 5%, 10% o 25% superior. Viéndolo así luce como que hay un sesgo hacia la desigualdad y un desafío a como contrarrestarlo.

Pienso que hay otras formas de ver lo que ocurre con la distribución del ingreso que brindan otro panorama. Una es ver lo que ocurre con los salarios relativos de personas con distintas aptitudes. Lo más común es ver el salario relativo entre “skilled” y “unskilled” ( $W_s/W_u$ ). Es muy importante entender por qué en algunos países el “premium” por “skilled” subió sistemáticamente a pesar que aumentó la cantidad relativa de personas “skilled” versus “unskilled” ( $L_s/L_u$ ). En la determinación de  $W_s/W_u$  actúan los cambios tecnológicos que pueden favorecer al  $L_s$  y el costo de generar un  $L_s$  a partir de un  $L_u$ . Esta forma de encarar el problema brinda una discusión directa de los determinantes de los cambios en la distribución del ingreso. Hay que destacar que la separación entre “skilled” y “unskilled” puede variar entre países. En algunos puede ser en tener o no tener estudios terciarios y en otros en tener o no tener estudios secundarios.

El otro enfoque se debe a George Stigler. El se hacía la pregunta de cuánto de la riqueza actual de un país se debía a la presente generación. Con datos de algunos Estados de USA estimó que al menos 40% de la riqueza actual la creó la presente generación. Ello brinda una idea de la dinámica de la distribución del ingreso y de que tiempo se necesita para mejorar la posición en la distribución del ingreso. Esta análisis está en el Capítulo sobre distribución del ingreso de su edición revisada de Teoría de los Precios, que recomiendo leerla.

2. Julio Nogués: ¿Si no creo que el sector externo en la Argentina hubiera tenido un rol más importante en la conducta de la PTF y en el crecimiento argentino de no ser por la política proteccionista?

Actualmente existe un gran esfuerzo para evaluar el rol del sector externo en el crecimiento. Algunos enfatizan el efecto escala ya que las firmas dedicadas al sector externo tendrían un tamaño mayor que las firmas dedicadas a producir bienes domésticos. Este enfoque requiere de mucha información a nivel micro. A nivel de agregado se recurre a medidas de la apertura de la economía y del nivel de protección. Para el caso argentino en el período 1950-2006, utilizando contabilidad del crecimiento estimé que el crecimiento anual promedio de 2.8%, la apertura externa contribuyó con el 6% de ese crecimiento. También estimé el efecto del aumento en la PTF mundial en el crecimiento argentino arrojando un valor del 1.5%. Una parte importante de

las patentes de innovación registradas son de origen externo. En un trabajo anterior mi enfoque se basó en identificar el porcentaje de las inversiones que pueden deberse a la ampliación de la frontera productiva vía la apertura de comercio, con estimaciones un poco mayores que las anteriores. La disponibilidad actual de datos de comercio y migraciones bilaterales de los países permitirá mejorar las estimaciones del rol del sector externo.

3. Osvaldo Schenone: Complementó la pregunta de Nogués citando el aporte de Pablo Guerchunoff sobre la diferencia entre los dos períodos de globalización que tuvo la Argentina con claves diferencias del aporte del sector externo.

4. Adolfo Sturzenegger hizo varias preguntas. Una de ellas referida a los hechos estilizados de Harrod y Kaldor y la posibilidad de pueden ser distintos en el presente, de allí poder pensar en modelos alternativos en que no todo el cambio tecnológico sea incorporado al trabajo. Al respecto ya existen algunos autores como Nancy Stokey que sugieren la búsqueda de modelos alternativos más cercano al enfoque que estudia en más detalle el proceso de inversión en R&D. Creo que así como ocurrió en el análisis de los ciclos económicos con la incorporación de nuevos hechos estilizados surgirán nuevos enfoques para el análisis de la dirección de los cambios tecnológicos más relacionados al crecimiento que a la distribución del ingreso.

En otra pregunta comentaba que el enfoque al capital humano como el exclusivo motor de crecimiento le produce un cierto pesimismo en el crecimiento que podrá lograrse. Piensa que gran parte de la reforma educativa está hecha y habría poco para mejorar.

Hay varias avenidas para contestar a esta apreciación. Normalmente lo que parece como fuente agotada no es tan así. La esperanza de vida aumentó sustancialmente y aun así cada diez años aumenta un año más. Al efecto experiencia y entrenamiento en el trabajo le pasa algo similar. La calidad de la educación formal tiene varias vías para su mejora sin que estas sean alternativas excluyentes. En el caso argentino la contribución de la educación formal como un componente del capital humano fue mucho mayor en el siglo XX con respecto al XIX. En 1810 el promedio de educación era muy bajo comparado con USA.

En un trabajo reciente Nancy Stokey (2016) plantea un modelo en donde conviven tres motores del crecimiento: capital humano, tecnología y nuevos insumos. A mí me preocupa que el coste de la educación formal ha crecido constantemente y a tasas altas.

5. Luisa Montuschi y Juan Carlos de Pablo hicieron algunas observaciones sobre el capital humano y el sistema educativo más apropiado que necesitan ser analizados en más detalle. Finalmente quiero destacar que parece ser importante estudiar más el rol de la adopción que no solo toma conocimiento ya desarrollado sino que también incentiva a expandir la frontera

tecnológica y el proceso de la generación de ideas a la Lucas. Zvi Griliches lo enfocó como un proceso de maximización de beneficios, T. Kehoe como uno de seguir al líder, y otros como aprendizaje social (social learning). Entender mejor este fenómeno va a ayudar a no cometer errores de tomar mecanismos equivocados.