

INGENIERÍA PARA LA ECONOMÍA DEL SIGLO XXI

Autor Principal, Fernando Cabrales Gómez, Universidad de Tarapacá, fcabrale@yahoo.es
Carlos Villarroel González, Universidad de Tarapacá, carlosvillarroelgonzalez@yahoo.es
Jaime Gómez Dousset, Universidad de Tarapacá, jaimepablog@yahoo.com

RESUMEN

En este trabajo se explican y comentan definiciones amplias de cambio técnico y de desarrollo económico que permiten un análisis comprensivo de los rasgos del desarrollo económico en los últimos 20 años. A la luz de este marco teórico se analizan las relaciones entre la educación en Ingeniería y el desarrollo socioeconómico de países y regiones. A través de la revisión de trabajos recientes, se busca extraer lecciones para la formación de ingenieros en países de menor desarrollo y menos experiencia en la producción de tecnología. Se destacan las lecciones que se pueden extraer para el caso de Escuelas de Ingeniería localizadas en zonas económicamente pequeñas y lejanas de los centros de producción de ciencia y tecnología. La lección más clara es que las características del entorno dificultan la formación eficiente de ingenieros y limitan el aporte que estas Escuelas pueden realizar al desarrollo de las regiones que las acogen. El análisis sugiere que este tipo de Escuelas deben desarrollar estrategias académicas que compensen las desventajas de localización. Básicamente estas estrategias deben permitir la vinculación productiva de las Escuelas de Ingeniería con las necesidades industriales globales. Las estrategias deben, a su vez, sustentarse en la especialización que posibilite el entorno geográfico de dichas Escuelas.

PALABRAS CLAVES: Innovación tecnológica, Desarrollo, Enseñanza de la Ingeniería.

INTRODUCCIÓN

La innovación resulta inicialmente de un proceso de construcción filosófica y social y debe integrar la actividad de diferentes actores, tales como universidades, empresas, gobiernos, organizaciones sociales y empresariales, y centros de investigación.

El concepto de innovación tecnológica ha evolucionado a lo largo de la historia y ha estado presente desde la época de los economistas clásicos, cobrando aún mayor vigencia en el presente. El actual interés por el análisis del cambio técnico es que éste se considera fundamental para el desarrollo socio-económico de los países.

El análisis de la innovación ha evolucionado a lo largo del tiempo, en relación a la comprensión de lo que se desea innovar y a los agentes que forman parte de este sistema. Así, actualmente trasciende la visión puramente tecnológica y puede ser comprendida como la utilización del conocimiento científico para generar nuevas formas de desarrollar, producir, comercializar y distribuir productos y servicios.

En este trabajo entenderemos que la innovación tecnológica incluye la introducción de mejoras en productos y procesos existentes, e involucra una serie de actividades científicas, tecnológicas, organizacionales, financieras y comerciales (OCDE, 2007). Así, en este estudio integraremos a nuestro análisis los aspectos relacionados con el origen de las tecnologías y las aristas positivas y negativas de la introducción de éstas, en una sociedad que no las produce y que encuentra dificultades para su desarrollo económico. Así la capacidad de los profesionales de la ingeniería para innovar y adaptarse a las constantes transformaciones que exige la innovación, puede ser determinante para el desarrollo productivo de una región o país.

Estimamos que la inversión en capital intelectual y cultural, es decir educativa, constituye el motor esencial para el desarrollo. Interesa, por lo tanto, un concepto de desarrollo, que sirva de

referencia para vincularlo con la educación y con alternativas de acción. Así, entendemos como desarrollo un proceso de transformación de la sociedad, caracterizado por una expansión de su capacidad productiva, que implica el alza de la productividad por trabajador y del ingreso por persona. Este proceso produce cambios en la estructura de clases y grupos, los que a su vez, impulsan transformaciones en las estructuras políticas y de poder (Villarreal, 1999).

El trabajo se organiza de la siguiente manera. En la primera sección se analizan los desafíos que impone la geografía a la formación de ingenieros. En la segunda se analizan los problemas de asignación de recursos públicos para la inversión en capital humano. En la tercera la relación entre los niveles de educación, esto es la formación de ingenieros y los niveles previos de educación. Finalmente se proveen algunas conclusiones.

1.- TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

Un factor importante que establece vinculaciones entre los conceptos y operaciones del pensamiento es la transferencia. Ninguna creación innovadora sería posible sin la mediación de los procesos de transferencia. La transferencia constituye un puente que une descubrimientos e ideas aparentemente inconexas y lejanas tanto en el espacio como en el tiempo. Así, todo proceso educativo es transferencia. En la medida de que sepamos cómo se realiza, en qué condiciones y cuáles son las operaciones del pensamiento que están participando del proceso de transferencia, podremos buscar diferentes formas de acelerarla y mejorarla.

De ese modo debemos preguntarnos cuáles son las condiciones necesarias para una adecuada transferencia tecnológica. Normalmente la transferencia de tecnología es un mecanismo de propagación de capacidades, entre países, regiones y otras agrupaciones humanas, con diferente nivel de desarrollo. La transferencia puede ser tanto de productos como de procesos de producción, así como también de conocimientos (know how).

Desde la perspectiva de la transferencia, las significativas diferencias en el ingreso per cápita de los diferentes países no son totalmente explicadas por la acumulación de capital físico y humano. Esta perspectiva es consistente con las teorías sobre "crecimiento endógeno". El concepto de desarrollo económico endógeno se sustenta básicamente en las externalidades de la inversión en capital humano (Lucas 1988) o derrames de conocimiento que generan las concentraciones de capital humano (Romer, 1990). Las teorías del crecimiento endógeno sustentan que la inversión en capital humano permite que el crecimiento económico se sostenga de manera indefinida. Esto ocurre porque el capital humano no tendría rendimientos decrecientes. El aumento de la productividad de los trabajadores ocurriría a través del contacto con actividades más complejas que producen flujos de transferencia de conocimientos, a través de entornos estimulantes, que incrementan la productividad y otras formas de acumulación de conocimientos y desarrollo de ideas. Así, muchos economistas han visto al cambio tecnológico como la más importante fuerza del crecimiento económico. En esta perspectiva, las diferencias de desarrollo tecnológico proveen significativas explicaciones para la desigualdad del ingreso. Actualmente, las tecnologías pueden migrar más fácilmente debido a la reducción de los costos de transporte y al avance de la tecnología de la información (Piva, 2003).

El hecho es que muchas tecnologías usadas por los países en desarrollo son importadas desde países más desarrollados. Este proceso es probablemente inapropiado para las economías de los países en vías de desarrollo y podría ayudar a explicar las diferencias en productividad entre estos países dado que las estructuras económicas y sus necesidades son diferentes. La dificultad para el uso de tecnologías en países de distintas capacidades y dotaciones de recursos, fue estudiado por Atkinson y Stiglitz (1969), quienes propusieron la idea de las "tecnologías adecuadas". Éstos muestran que el cambio tecnológico no aumenta necesariamente la productividad. De hecho la aplicación de nuevas tecnologías no entrega los mismos resultados en distintos países. Al adoptar una tecnología transferida deben considerarse consecuencias positivas, como los rebales (spillovers), la actualización

tecnológica y el crecimiento complementario de las firmas receptoras de la transferencia. Pero también deben considerarse los impactos negativos de la transferencia, como la anulación de la producción de tecnologías propias, el desplazamiento de los trabajadores y el efecto de la competencia con industrias locales, entre otros.

En este contexto las escuelas de ingeniería se encuentran enfrentadas a un dilema. Por un lado deben tratar de estandarizarse al nivel internacional y por otro, procurar establecer una relación entre ellas y las necesidades del país para la producción de ciencia y tecnología. De allí la dificultad para formular políticas, ya que la participación en los logros de alta tecnología foránea no conduce necesariamente a la obtención de beneficios para el desarrollo del país.

Lo anterior nos sitúa frente a un problema complejo, ya que las universidades localizadas en los países desarrollados, se constituyen en entes promotores del avance científico-tecnológico, que es coherente con la estructura de una sociedad industrializada pues universidad e industria se complementan. La situación en Latinoamérica (periférica desde el punto de vista productivo) es diferente. No poseemos un potencial tecnológico apropiado que permita proyectar el desarrollo y tampoco correlación entre la producción científica y la producción de tecnologías.

Así, Chile invierte en Ciencias no más del 0,4% del PIB, muy lejos de la proporción de gasto que se realiza en países desarrollados y/o que aspiran a serlo. También se sabe que la productividad de la ciencia (medida como publicaciones per cápita) en Chile es elevada en relación a otros países latinoamericanos. Sin embargo la ciencia en nuestro país aparece desvinculada de la tecnología y, posiblemente, desconectada de la sociedad. En efecto, la investigación científica no guarda relación con las aplicaciones comerciales (la tecnología en un sentido amplio). Así a pesar de la productividad científica de las universidades, éstas producen muy pocas patentes industriales (Schmal, 2006). Un texto que recoge elocuentemente este desencuentro entre tecnología y ciencia es *Low Awareness Between Science and Innovation* (Krauskopf, 2007). Los resultados de Krauskopf confirman en Chile una cultura no tecnológica, que involucra a investigadores e instituciones que aún prevalece. Pero las políticas públicas deben ser diseñadas e implementadas para fomentar la producción científica y la innovación de manera conjunta. Este aspecto revela un sinsentido de la investigación en Chile, que no parece ser el caso de la producción científico técnica de los países desarrollados.

De hecho, cuando se ha verificado la desconexión entre ciencia y tecnología en USA y Europa, se han producido cambios de importancia. El mejor ejemplo de ello es la historia de la Ley Bayh –Dole (1980). Ésta se promulga en un contexto en que la industria norteamericana estaba perdiendo los mercados de bienes dentro del propio Estados Unidos. Las empresas japonesas desde fines de los 70, lograron penetrar el mercado americano con variados productos industriales y, paradójicamente, la mayor parte de los ejecutivos y técnicos de las empresas japonesas que ingresaban al mercado eran formados en universidades de Estados Unidos. Además el Gobierno Federal acumulaba miles de patentes derivadas de proyectos de investigación financiados con recursos federales, que no eran aplicadas comercialmente.

En ese contexto se promulga la Bayh –Dole Act y la producción de patentes universitarias se multiplicó por 2,5 veces en sólo 10 años, la mayor parte de las patentes tuvieron un destino comercial y probablemente sea el origen de lo que se conoció como la Nueva Economía. Esta se caracterizó por el surgimiento de miles de empresas de base tecnológica y la eclosión de industrias tan relevantes como la de comunicaciones, biotecnología y microelectrónica. Un aspecto interesante de este fenómeno es que el corazón de la Bayh –Dole Act fue la autorización para que las instituciones receptoras de fondos para investigación, solicitaran y negociaran (mediante licencias y royalties), patentes industriales originadas en los proyectos financiados con recursos federales. El ejemplo americano fue prontamente seguido por la Unión Europea (EU) con resultados parecidos.

Resulta paradójico, al mirar el caso chileno, pues esa posibilidad nunca ha sido negada. La Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (Conicyt), sólo exige un reconocimiento del aporte financiero en los productos científicos obtenidos. Entre ellos las eventuales patentes.

Además, la actividad científica en Chile, se hace con escasa colaboración científica entre investigadores de las diferentes universidades. En ciencias, la competencia es irrelevante y, de hecho, los países más dinámicos en producción científica tienden a formar redes de investigación que permiten la circulación de ideas y el uso eficiente de recursos. Un reciente informe de la OCDE muestra el aislamiento de la producción científica chilena y la intensa colaboración existente entre los países de mayor desarrollo científico (OCDE 2014).

Es necesario señalar que esta baja prioridad asignada a la ciencia y los modestos resultados tecnológicos tampoco están correlacionados con los recursos que dedica nuestro país a la educación superior. En efecto, la asignación de recursos a educación terciaria, como proporción del PIB y el gasto privado en ella son las mayores de la OCDE (OCDE 2015).

Si las teorías sobre crecimiento endógeno son correctas, la educación debe ser subsidiada fuertemente pues los beneficios sociales que se obtienen son mayores que los beneficios privados del estudiante. Además las escuelas de ingeniería parecen llamadas a aportar directamente al desarrollo local a través de la producción de ciencia y tecnología original y propia. En este contexto, la perspectiva del crecimiento endógeno impone nada menos que un cambio en la misión de las universidades en su función formativa de profesionales. En efecto, hasta antes de estas teorías, la formación de profesionales era una inversión, básicamente privada. Desde esta perspectiva, la misión de las universidades se reduce a formar profesionales competentes. La medida clave de la calidad de la formación académica es el salario que éstos obtienen en el mercado del trabajo. El contraste con las teorías sobre crecimiento endógeno es evidente.

En el contexto de las teorías de crecimiento endógeno las universidades adquieren nuevas funciones y responsabilidades institucionales. En efecto, el crecimiento y la sustentabilidad de éste, en una unidad económica territorial (localidad o región) dependerán crucialmente del capital humano localizado en ella. Las interacciones entre los depositarios de capital humano (la academia principalmente) y los agentes económicos (empresas) generarán el clima económico necesario para la innovación y el emprendimiento generador de riqueza.

Así, la formación de profesionales se hace necesaria principalmente para el crecimiento de países, regiones o zonas económicas. De hecho los modelos de crecimiento endógeno, en la medida que consideran efectos de escala o desbordamiento -en suma externalidades-, concluyen que las políticas óptimas de inversión deben subsidiar la inversión en capital humano. Sin embargo hay numerosos aspectos que deben precisarse, porque la forma específica, e incluso el orden causal, en que esta vinculación, entre capital humano y crecimiento económico, se produciría es menos claro.

2.- LOS LÍMITES ESPACIALES DE LAS EXTERNALIDADES.

Las externalidades de la inversión en capital humano hacen referencia a un “espacio económico” y éste no está necesariamente asociado a una delimitación geográfica o político-administrativa. En uno de los artículos seminales sobre el tema (Lucas 1988) advierte sobre esta ambigüedad teórica. En la construcción del modelo de dicho trabajo se advierte que el país es una agregación arbitraria debido a las múltiples formas de interacción de las personas. De hecho, al interior de muchos países existen diferencias significativas de riqueza y desarrollo. Las pruebas basadas en casos nacionales (países) arrojan resultados mixtos. Algunas pruebas empíricas muestran que las externalidades asociadas al capital humano son de escasa importancia o simplemente inexistentes cuando el nivel de agregación son países. Sin embargo las pruebas estadísticas asociadas a localidades y ciudades son más consistentes. Diferentes trabajos (Bettencourt L. *et al.* 2007), (Jaffe *et al.* 1993), (O’HUallachain 1999), (Acs, 2002), (Carlino *et al.* 2005), encuentran significativas relaciones entre el tamaño y concentración de las ciudades y la producción de patentes industriales, un indicador de actividad innovadora. La evidencia es consistente con la idea de externalidades pues en todos los trabajos se observa

una asociación directa entre el tamaño de las ciudades y el número de patentes industriales por persona que sus residentes obtienen. Dicho incremento, además, es no lineal y supera la diferencia poblacional de las ciudades estudiadas. **El aspecto relevante para nuestro trabajo es que lo anterior implica que la innovación tecnológica tiene dificultades de escala en los centros urbanos pequeños.** Recientemente, diversos trabajos, se basan en las Unidades Territoriales Estadísticas (NUTS). En dichos trabajos se obtiene resultados consistentes con las teorías sobre desarrollo endógeno. De estos trabajos se debe destacar la discusión sobre la capacidad de absorción de conocimientos que muestran algunas regiones y su influencia sobre la innovación y la productividad del capital humano. Cohen y Levinthal (1990) han definido la capacidad de absorción de nuevos conocimientos, como la habilidad organizacional para reconocer el valor de nueva información externa a ella y asimilarla y aplicarla a propósitos comerciales. Esta definición se ha llevado a nivel colectivo regional en diferentes trabajos (Cantwell y Lammarino, 2003); (Doloreux y Parto, 2005); (Mukherji et al, 2013); (Roper et al, 2006); (Von Tunzelmann, 2009) y (Miguélez y Moreno, 2015). La capacidad de absorción de conocimientos se ha modelado mediante la vinculación entre el gasto en I+D y la movilidad de los inventores, la existencia de redes de innovación y la presencia de empresas innovadoras, entre otras. Los resultados empíricos muestran que esta capacidad de absorción de nuevos conocimientos es relevante para explicar la innovación en ese tipo de unidades regionales.

Otros trabajos en este nivel de agregación (NUTS), muestran que la distancia y contigüidad respecto a regiones ricas y de alto desarrollo juegan un papel significativo e importante en la productividad del trabajo y el crecimiento de las regiones (López-Bazo et al. 1999), (Badinger et al. 2004), (Vaya et al, 2004), (Le Gallo And Dall'erba, 2006), (Meliciani y Peracchi 2006), (Ramajo et al. 2008), (Battisti y Di Vaio, 2008) y (Fiaschi y Lavezzi, 2007), (Benos, et al. 2015).

Un trabajo basado en las NUTS estima el impacto de las Escuelas de Negocios en esta agregación territorial en el caso del Reino Unido (Guerrero, et al. 2015). Los autores desagregan las actividades universitarias en educación, investigación y actividades empresariales y encuentran que todas las actividades contribuyen al crecimiento económico de las NUTS que las acogen. Resulta destacable la complementariedad de las actividades de investigación y las empresariales para el crecimiento económico de las NUTS.

Un trabajo previo encuentra evidencia consistente con lo señalado. Sterlacchini A., (2008) relaciona el crecimiento de las economías regionales con el gasto en I+D y con la proporción de personas en educación terciaria en casi 200 "NUTS" de la UE. En términos agregados se encuentra que ambas variables (gasto en I+D y educación terciaria) no pueden explicar el desarrollo regional. Sin embargo al considerarlas en conjunto, producen resultados estadísticamente significativos. La evidencia revela que el gasto en I+D, por sí sólo, no logra "producir" desarrollo a menos que exista población capaz de asimilar y transformar el nuevo conocimiento en desarrollo económico. Sin embargo el impacto de esta simultaneidad en el desarrollo regional es heterogéneo en las regiones. En particular se observa que este vínculo es mucho más fuerte en los países del Norte de Europa (Bélgica, Finlandia, Alemania, Holanda) que en los del Sur (Austria, Francia, España, Italia, Grecia, Portugal). Esta diferencia de impacto se ha analizado en varios trabajos (Acs, Z., et al. 2004), (Rodríguez-Pose, A., 1999; 2001), (Rodríguez-Pose, A., Crescenzi, R., 2006) que aportan evidencia de que el eslabón faltante es la capacidad empresarial de las regiones de menor desarrollo.

Basados en esta evidencia consideramos, que el tamaño y complejidad del marco geográfico de referencia (ciudad, país, NUTS, etc.) es importante para explicar el dinamismo económico. Diversas hipótesis encuentran respaldo en la evidencia empírica y todas se vinculan a las externalidades del capital humano. Además, la importancia de las universidades en la absorción, desarrollo y difusión de conocimientos tiene fuerte respaldo empírico.

En ese sentido, el desafío de una escuela de ingeniería en una región pequeña y lejana es complejo, pues deben superarse las restricciones de tamaño y complejidad del entorno económico.

3.- COMPLEMENTARIEDAD, SUSTITUCIÓN Y PRIORIDAD DE LA INVERSIÓN EN CAPITAL HUMANO.

Desde el punto de vista de las políticas públicas, la inversión en capital humano compite por la asignación de recursos entre inversiones alternativas. Además la eficacia de las alternativas de inversión también debe medirse en términos de sustentabilidad del crecimiento económico. Ambos criterios deben producir órdenes de prioridad en la asignación de recursos para inversión. Hay que considerar que la inversión en capital humano suele ser complementaria de otras formas de capital (obras públicas, bienes jurídicos e institucionales, I+D, etc.). Además los niveles de educación siguen una secuencia que los hace fuertemente complementarios.

Los modelos de crecimiento endógeno consideran varios factores productivos que se vinculan a través de una función de producción, en los que algunos factores son sustitutos. Sin embargo al agregar externalidades en la función de producción la relación entre los factores se hace impredecible. Además, la fuente del crecimiento ilimitado son las externalidades, no sujetas a rendimientos decrecientes.

El desarrollo de modelos y especificaciones funcionales verificables empíricamente en los últimos años no ha sido tarea sencilla pues pequeñas variaciones en los modelos producen conclusiones muy diferentes. Pero es posible revisar alguna evidencia reciente respecto a la necesidad (o no) de financiar educación superior en Ingeniería y las condiciones en las que ello debe hacerse. La asignación de recursos a I+D es una recomendación recurrente para incrementar la productividad de factores y el crecimiento económico. Esta actividad tiene efectos directos sobre la innovación y nuevos negocios e indirectos a través del rebalse de conocimientos y aprendizajes por la práctica. La discusión no es si se debe subsidiar la I+D, sino más bien cómo hacerlo (Romer, 2000). Un trabajo reciente compara la eficiencia del gasto en I+D con subsidios a la formación de científicos e ingenieros (C+I) a través de un modelo teórico de largo plazo (Grossmann V. 2007). Los resultados son favorables a la inversión en C+I porque los subsidios a la I+D no pueden asegurar crecimiento de la productividad ni incrementos del bienestar. Los subsidios a la I+D elevan la rentabilidad de la educación útil para esta actividad. Si el sistema educativo no aumenta el gasto (porque se está financiando I+D), puede producirse congestión en el mercado del trabajo y con ello disminución de salarios de los trabajadores calificados. Además, este efecto congestión incrementa la dispersión de salarios entre las personas de alta calificación e, incluso, entre los científicos e ingenieros directamente involucrados en la actividad de I+D. La causa de lo anterior es el incremento de la rentabilidad de la I+D (debido a los subsidios que el sector recibe).

Así el esfuerzo para incrementar la innovación y la productividad, puede terminar por concentrar los beneficios en un pequeño grupo altamente productivo y dependiente de la continuidad de los subsidios. Los subsidios a la formación de C+I, por otro lado, no afecta necesariamente la distribución del ingreso, pero asegura de manera permanente el crecimiento de la productividad. Un conjunto de proposiciones consistentes con el modelo de Grossman surgen del llamado "Informe Sapir". En el informe de Sapir et, al, (2004), se propone aumentar los recursos para la formación de posgraduados cuidando la excelencia de la formación de éstos. Se propone una política comunitaria especialmente dirigida a detectar y formar en un nivel de excelencia a los estudiantes talentosos. También concluye que es necesario favorecer una amplia variedad de disciplinas (incluso más allá de ciencias e ingeniería) y, especialmente, cuidar la pertinencia de la formación de posgraduados. La pertinencia del gasto público depende de la efectividad de la educación en distintos campos y de la vinculación de ésta con los sectores dinámicos en I+D. Incluso se propone reformular la combinación de subsidios a la I+D y de C+I. En el informe Sapir se propone reducir el subsidio a la I+D para financiar sólo equipamiento. Los resultados del informe Sapir son plenamente consistentes con el modelo de Grossman V. (2007), aunque está desarrollado a partir de metodologías e información estadística completamente distinta.

4.- NIVEL EDUCACIONAL Y CRECIMIENTO.

La formación profesional es uno de los últimos eslabones de un proceso formativo. Simultáneamente compite por recursos públicos con los otros niveles educacionales, y es complementario de los niveles anteriores. De hecho los más interesados en mejorar la formación previa de los estudiantes, son las propias instituciones de educación terciaria. Este problema es especialmente pertinente para el caso de los países en desarrollo. En estos la elección entre cobertura de educación general (primaria y secundaria) y terciaria suele ser una decisión difícil de tomar. En los países de ingresos medios (como Chile) se hace especialmente inaceptable la existencia de grupos vulnerables, rezagados o excluidos del desarrollo. Pero las restricciones financieras no permiten invertir en todo lo que se estima necesario.

Además muchos de estos países se encuentran en la “trampa de los ingresos medios” que, en pocas palabras, hace que su crecimiento se haga más lento que en períodos previos. Este fenómeno ha sido descrito por Eichengreen (2012, 2013). Básicamente son países que han llegado en un plazo inferior a 20 años a ingresos por persona de alrededor de US\$ 15.000 (de 2005). En ese nivel, el crecimiento anual del ingreso por persona se reduce a valores inferiores al 3,5%. La trampa de ingresos medios se produce, típicamente, cuando las manufacturas representan alrededor de un 25% del PIB y la reducción opera principalmente sobre la productividad total de factores. Este fenómeno se asocia a la transición que se produce desde economías exportadoras de materias primas. La fase inicial - de crecimiento rápido - se produce por la reasignación eficiente de recursos productivos apoyada por tecnología importada. Sin embargo el crecimiento se hace más lento cuando la reasignación de recursos tiene una productividad marginal menor y las tecnologías importadas no resultan tan eficientes para aumentar la productividad. En este contexto, la inversión en capital humano avanzado resulta imprescindible para superar la “trampa de ingresos medios”. Sin embargo, esta inversión debe ser rentable para los futuros ingenieros y científicos. Si ello no es así, los nuevos profesionales migrarán hacia mercados donde sus competencias sean más valoradas (la “fuga de cerebros”).

El problema del riesgo del retorno de la educación ha sido estudiado en los últimos años y hay consenso en que dicho riesgo disminuye la inversión en capital humano (Heckman, 2005), (Brunello, *et al.* 2006); (Ariga, *et al.* 2005). Por otro lado, es previsible que en regiones pequeñas y de menor desarrollo, la variedad y rentabilidad de la demanda por capital humano avanzado, sea limitada. Así, es posible que la demanda por estudios superiores sea menor, aunque el talento de las personas sea comparable con las de regiones más desarrolladas. Además, la menor inversión en capital humano conducirá a una distribución del ingreso más concentrada. (Iwahashi R. 2007). Trabajos más recientes consideran modelos más complejos y encuentran que la “trampa de ingresos medios” puede estar asociada a la escasa densidad de capital humano avanzado (Agenor y Canuto, 2015). Ello limita las economías de redes de conocimiento y genera una asignación ineficiente del trabajo de personas de alta calificación.

Es fácil observar que la formación de ingenieros y científicos en zonas periféricas encontrará todos los problemas descritos aquí. Las universidades en este caso pueden contribuir a evitar este tipo de problemas de asignación de recursos mediante la inversión en infraestructura avanzada, especialmente de comunicaciones. También pueden invertir en el desarrollo de redes de investigación y formación académica. Finalmente debieran desarrollar programas que eleven la rentabilidad del trabajo científico y tecnológico.

En economías de mercado ello equivale a fortalecer la propiedad intelectual y sus aplicaciones comerciales como se describe en Cabrales F. (2008).

CONCLUSIONES

El necesario aumento de la inversión en capital humano no es suficiente para obtener los resultados de desarrollo que se persiguen. Son las propias Escuelas de Ingeniería las que

deben identificar las restricciones que enfrentan para formar ingenieros adecuados para el desarrollo regional. Ello es especialmente importante en el caso de universidades localizadas en regiones pequeñas y lejanas de los circuitos industriales y económicos. Esto se refuerza cuando se considera el entorno productivo y social de una comunidad lejana y pequeña. En esas circunstancias, se espera que la producción de conocimientos tecnológicos sea inferior al que se obtiene en grandes conglomerados a igualdad de recursos aplicados. Las escuelas de ingeniería en esa situación debieran buscar mecanismos que compensen dicha desventaja. Ello se podría lograr intensificando los vínculos con las empresas, integrando redes de colaboración con escuelas localizadas en grandes ciudades y desarrollando programas de prácticas y pasantías en empresas de avanzada tecnológica. Este vínculo podría complementarse con programas activos de transferencia tecnológica que contribuyeran a la productividad de las empresas locales. Aun así, la contribución al desarrollo regional podrá verse diluida en beneficio de otras regiones o países. Las escuelas de ingeniería de las regiones deben entonces desarrollar líneas de trabajo que puedan contribuir a retener en sus regiones los beneficios de la formación en capital humano que realizan. Una manera de conseguirlo consiste en radicar en las regiones procesos productivos y/o de I+D de empresas externas a la región. Este trabajo requeriría una intensa red de vínculos empresariales e incluso, de facilidades económicas para atraer inversiones estratégicas a regiones periféricas.

En las líneas de trabajo consideradas, la especialización avanzada de las escuelas de ingeniería localizadas en regiones resultará atractivo para empresas y estudiantes. En el largo plazo, ese reconocimiento puede trascender los límites regionales y facilitar el reclutamiento de talentos estudiantiles y de proyectos de I+D empresariales. Así, las facultades de ingeniería deberían disponer de una estrategia académica que les permita detectar ventajas de localización, experiencia u otras condiciones específicas para el desarrollo de especialidades de alcance global. En ese sentido, las Facultades deben ser una interface eficiente entre las necesidades locales y el “estado del arte” en el ámbito científico y tecnológico global. Finalmente, las escuelas de ingeniería deberían desarrollar actividades enfocadas en los mercados tecnológicos y programas destinados a la formación de competencias en emprendimientos empresariales.

REFERENCIAS

- Acs, Z.J., Anselin, L., Varga, A., (2002). Patents and innovation counts as measures of regional production of new knowledge. *Research Policy* 31, 1069–1085.
- Acs, Z., Audretsch, D., Braunerhjelm, P., Carlsson, B., (2004). The Missing Link: The Knowledge Filter and Entrepreneurship in Endogenous Growth. CEPR Discussion Paper no. 4783.
- Agénor P.R., Canuto O. (2015). Middle-Income Growth Traps, *Research in Economics*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rie.2015.04.003>.
- Ariga, K., Brunello, G., Iwahashi, R., & Rocco, L. (2005). Why is the timing of school tracking so heterogeneous? IZA Discussion Papers No. 1854.
- Atkinson A.B., Stiglitz J.E. (1969). A New View of technological Change, *Economical Journal* 573-578. JSTOR.
- Badinger, H., Muller, W., Tondl, G., (2004). Regional convergence in the European Union, 1985–1999: a spatial dynamic panel analysis. *Reg. Stud.* 38 (3), 241– 253.
- Battisti, M., Di Vaio, G., (2008). A spatially filtered mixture of b-convergence regressions for EU regions, 1980–2002. *Empirical Econ.* 34, 105–121.
- Benos N., Karagiannis S., Karkalakos S., (2015). Proximity and growth spillovers in European regions: The role of geographical, economic and technological linkages. *Journal of Macroeconomics* 43 (2015) 124–139.

- Bettencourt L, Lobo J., Strumsky D., (2007). Invention in the city: Increasing returns to patenting as a scaling function of metropolitan size. *Research Policy* 36 (2007) 107–120.
- Brunello, G., Giannini, M., & Ariga, K. (2006). The optimal timing of school tracking. In P. Petersen, & L. Woessmann (Eds.), *Schools and the equal opportunity problem*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Cantwell, J., Iammarino, S., (2003). *Multinational Corporations and European Regional Systems of Innovation*. Routledge, London, UK.
- Cabrales, F. (2008). Innovación Universitaria. *Ingeniare. Rev. chil. ing.*, Set 2008, vol.16, no.2, p.280-281.
- Carlino, G., Chatterjee, S., Hunt, R., (2005). Matching and Learning in Cities: Urban Density and the Rate of Invention. Federal Reserve Bank of Philadelphia Working Paper No. 04-16/R.
- Cohen, W.M., Levinthal, D.A., (1990). Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Admin. Sci. Q.* 35, 128.
- Doloreux, D., Parto, S., (2005). Regional innovation systems: current discourse and unresolved issues. *Technol. Soc.* 27, 133–153.
- Eichengreen, Barry, Donghyun Park, and Kwanho Shin, (2012) When Fast Economies Slow Down: International Evidence and Implications for China, *Asian Economic Papers*, 11 (March 2012), 42-87.
- Eichengreen, Barry, Donghyun Park, and Kwanho Shin, (2013). Growth Slowdowns Redux: New Evidence on the Middle-Income Trap, Working Paper No. 18673, National Bureau of Economic Research NBER (January 2013).
- Fiaschi, D., Lavezzi, A.M., (2007). Productivity polarization and sectoral dynamics in European regions. *J. Macroecon.* 29, 612–637.
- Grossmann V. (2007). How to promote R&D-based growth? Public education expenditure on scientists and engineers versus R&D subsidies. *Journal of Macroeconomics* 29 (2007) 891–911.
- Guerrero M., Cunningham J., Urbano D., (2015). Economic impact of entrepreneurial universities' activities: An exploratory study of the United Kingdom. *Research Policy* 44(2015)748–764.
- Heckman, J. (2005). Education policy. Invited lecture on Econometric Society World Congress 2005.
- Jaffe, A.B., Trajtenberg, M., Henderson, R., (1993). Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations. *Quarterly Journal of Economics* 108, 577–598.
- Iwahashi R. (2007). A theoretical assessment of regional development effects on the demand for general education. *Economics of Education Review* 26 (2007) 387–394.
- Le Gallo, J., Dall'erba, S., (2006). Evaluating the temporal and spatial heterogeneity of the European convergence process, 1980–1999. *J. Reg. Sci.* 46 (2), 269– 288.
- López-Bazo, E., Vayá, E., Mora, A.J., Suriñach, J., (1999). Regional economic dynamics and convergence in the European Union. *Ann. Reg. Sci.* 33, 343–370.
- Lucas Jr., R.,(1988), On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics* 22(1),3–42.
- Meliciani, V., Peracchi, F., (2006). Convergence in per-capita GDP across European regions: a reappraisal. *Empirical Econ.* 31, 549–568.
- Miguélez, E., Moreno, R., (2015), Knowledge flows and the absorptive capacity of regions. *Research Policy* 44 (2015) 833–848
- Mukherji, N., Silberman, J.,(2013). Absorptive capacity, knowledge flows, and innovation in US metropolitan areas. *J. Reg. Sci.* 53, 392–417.

- OCDE (2007), Manual de Oslo: Directrices para Recoger e Interpretar Datos sobre Innovación, 3 Ed.
- OECD (2014), Science, Technology and Industry Scoreboard Innovation for growth and society.
- OECD (2015), Education at a Glance OECD Indicators.
- O'hUallachain, B., (1999). Patent places: size matters. *Journal of Regional Science* 39, 613–636.
- Piva M. C. (2003). The impact of Technology Transfer on Employment and Income Distribution in developing Country: A Survey of Theoretical Models and Empirical studies, International Policy Group. Policy Integration Department. International Labour Office, Geneva.
- Putnam, R.,(1993). *Making Democracy Work: Civic Traditions in Modern Italy*. Princeton University Press, New Jersey.
- Ramajo, J., Marquez, M.A., Hewings, G.J.D., Salinas, M.M., (2008). Spatial heterogeneity and interregional spillovers in the European Union: do cohesion policies encourage convergence across regions? *Eur. Econ. Rev.* 52, 551–567.
- Rodríguez-Pose, A., (1999). Innovation prone and innovation averse societies: Economic performance in Europe. *Growth and Change* 30, 75–105.
- Rodríguez-Pose, R Crescenzi (2008), Research and development, spillovers, innovation systems, and the genesis of regional growth in Europe. *Regional studies* 42 (1), 51-67
- Roper, S., Love, J.H., (2006). Innovation and regional absorptive capacity: the labor market dimension. *Ann. Reg. Sci.* 40, 437–447.
- Krauskopf M., Krauskopf E., Méndez B. (2007): Low awareness of the link between science and innovation affects public policies in developing countries: The Chilean case; *Scientometrics*, July 2007, Volume 72, Issue 1, pp 93-103.
- Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(5): 71-102.
- Romer, P. M. (2000). Should the government subsidize supply or demand in the market for scientists and engineers?, NBER Working Paper No. 7723.
- Sapir, A., Aghion, P., Bertola, G., Hellwig, M., Pisani-Ferry, J., Rosati, D., Wallace, H., (2004). *An Agenda for a Growing Europe – The Sapir Report*. Oxford University Press, Oxford.
- Sen, A.K., (1992). *Inequality Re-examined*. Clarendon Press, Oxford.
- Sen, A.K., (1999). In: Alfred Knopf (Ed.), *Development as Freedom*, New York.
- Schmal, R., López G, M., Cabrales, F. (2006) El Camino Hacia la Patentación en las Universidades. *Ingeniare. Rev. chil. ing.*, Diciembre, vol.14, no.3, p.172-186.
- Sterlacchini A. (2008). R&D, higher education and regional growth: Uneven linkages among European regions. *Research Policy* 37 (2008) 1096–1107.
- Villarroel González C. (1999). Educación en Ingeniería: Relación entre Transferencia Tecnológica y el Desarrollo. *Revista Facultad de Ingeniería*, núm. 6, enero-diciembre, 1999, pp. 19-24 Universidad de Tarapacá-Chile.
- Vaya, E., Lopez-Baso, E., Moreno, R., Surinach, J., (2004). Growth and externalities across economies: an empirical analysis using spatial econometrics. En: Anselin, L., Florax, R.J.G.M., Rey S.J.
- Von Tunzelmann, N (2009) “Technology and technology policy in the post-war UK:”market failure” or “ network failure”?, *Revue d’Economic Industrielle*, *forthcoming*.