

La Formación en Ciencias Básicas en América Latina: algunas sugerencias para su transformación

RODRIGO AROCENA, CLAUDIA COHANOFF Y AMÍLCAR DAVYT*

* Universidad de la República - Unidad de Ciencia y Desarrollo. Facultad de Ciencias. Iguá 4225. CP: 11400. Montevideo. Uruguay. amilcar@fcien.edu.uy.

Recebido: em 10 de junho de 2004

Aprovado em 4 de agosto de 2004

Resumen: La idea fuerza de esta reflexión es la escasa relevancia de las Ciencias Básicas en América Latina. Esto parece ser causa primera de que la orientación de la enseñanza de estas disciplinas en las facultades latinoamericanas esté dirigida preponderantemente a la formación de investigadores académicos. En muchas de estas facultades se realizan notables esfuerzos para ampliar las capacidades disponibles, incrementando el número de graduados y mejorando su formación. En general, los logros no están a la altura de las energías dedicadas, porque el papel de las ciencias en la sociedad no depende sólo de las capacidades científicas disponibles sino fundamentalmente de las oportunidades para ponerlas en juego creativamente, retroalimentándolas, amplificándolas y legitimándolas socialmente. Luego de realizar algunas consideraciones teóricas que sitúan el análisis, y entendiendo que el principal desafío de las Facultades de Ciencias Básicas es la construcción de una base social más sólida que la actual, se pretende abordar, tentativamente, algunas respuestas a la pregunta: ¿cómo pueden esas facultades contribuir a profundizar y ampliar la inserción socio-económica de esas ciencias en las sociedades latinoamericanas? En el marco de una redefinición de los cometidos educativos de las mencionadas facultades, se realizan algunas sugerencias concretas que buscan aportar en el desplazamiento de su “baricentro” desde la formación de licenciados hacia una tarea que incluye a la mencionada pero es mucho más amplia: la colaboración para expandir las capacidades de la población en general para usar los conocimientos científicos básicos de maneras socialmente fructíferas.

Palabras clave: Ciencias Básicas – América Latina – Enseñanza

Education in the Basic Sciences in Latin America: Some Suggestions for Change

Abstract: The main idea of this discussion is the scarce relevance of basic sciences in Latin America. This seems to be the primary cause behind the orientation of the teaching of these disciplines in Latin American universities which is basically directed to the preparation of academic researchers. In many of these universities we can perceive remarkable effort to increase the available capabilities, increasing the number of graduates and improving preparation. In general, achievements are not compatible with the expended energy, because the role of sciences in society do not depend solely on the available scientific capability, but fundamentally on the opportunities to make them creatively available, allowing for feedback which can broaden their meaning and legitimize them. Based on some theoretical considerations to situate our analysis and with the understanding that major challenge Basic Science Schools is the construction of a more solid basis than they enjoy today, we intend to answer, tentatively, the question: How can these schools contribute to deepen and amplify the socio-economic insertion of these sciences in Latin American societies? With the perspective of a redefinition of educational purposes of these schools, we present some concrete suggestions aimed at the displacement of the core purpose of these schools from the education of licenciates to a task which includes the above but is broader: the cooperation to expand the capacity of people in general to use scientific knowledge in socially useful ways.

Key words: Basic Sciences; Latin America; teaching.

Este trabajo pretende aportar a la necesaria reflexión colectiva sobre la imprescindible transformación que requiere la formación de los científicos básicos en América Latina. En particular, el análisis se centra en las relaciones (in?)existentes entre las Ciencias Básicas (también llamadas Exactas y Naturales) y la producción y otras prácticas sociales vinculadas, aunque sin olvidar – en la medida en que muchas veces los límites son difusos – la consideración del lugar que las mencionadas ciencias ocupan, en general, en la sociedad y la cultura del continente latinoamericano.¹

Comienza el texto con la identificación del problema central de las Ciencias Básicas (CB) en la región, sus causas y derivaciones. Resulta necesario – o al menos conveniente – intentar entender las causas profundas de la situación actual para calibrar adecuadamente las acciones y propuestas de transformación a llevar a cabo para modificar esa situación, y especialmente para no cifrar en ellas expectativas infundadas.

Luego de ese breve diagnóstico se comentan algunas posibles acciones de transformación, planteadas a modo de sugerencias preliminares a los responsables de la formación de los científicos de estas áreas, las instituciones universitarias denominadas aquí de manera general Facultades de Ciencias Básicas (FCB). Antes de ello, se delinearán, también en forma sintética, algunos puntos de partida conceptuales que sitúan y enmarcan las propuestas.

Esas sugerencias se derivan de respuestas tentativas a la pregunta que fuera punto de partida del análisis: cómo pueden las FCB colaborar a ampliar y profundizar la inserción social y económica de las Ciencias Básicas en las sociedades latinoamericanas, o, dicho en otras palabras, el uso fructífero de los conocimientos científicos básicos por parte de la población en general.

1. El problema central de las Ciencias Básicas en Latinoamérica

La visión sobre el relacionamiento entre las Ciencias Básicas y la producción y otras prácticas sociales en América Latina, a partir de la cual se construye la reflexión aquí presentada, puede resumirse en una breve frase: la escasa relevancia de estas ciencias en la región.

¹ De hecho, las reflexiones presentadas en este artículo se basan en el estudio promovido por la UNESCO “*La enseñanza universitaria de las ciencias exactas y naturales en América Latina: situación actual y desafíos*”. En el marco del proyecto, coordinado por la Oficina de Montevideo de la UNESCO y la Facultad de Ciencias de la Universidad de la República, Uruguay, se elaboraron cinco documentos, cuatro de tipo “sectorial” sobre Biología, Física, Matemática y Química, respectivamente, y un documento general e interdisciplinario sobre “*La enseñanza universitaria de las ciencias exactas y naturales en América Latina: una visión integrada de la ciencia*”. A éste último puede dirigirse quien esté interesado en una ampliación de los conceptos aquí vertidos (Arocena et al, 2003).

Es real y empíricamente constatable que en muchas Facultades de Ciencias Básicas latinoamericanas se realizan notables esfuerzos para ampliar las capacidades disponibles. A pesar de que estas instituciones deben enfrentar las diversas carencias y los obstáculos existentes, siempre grandes y muchas veces inmensos, en ellas se busca permanentemente incrementar el número de graduados en estas ciencias y mejorar la calidad de la formación impartida.²

En algunos casos los logros de las FCB en estas tareas son significativos, pero no es raro constatar que ellos no están, en general, a la altura de las energías y las esperanzas involucradas por los implicados, que tanto esfuerzo dedican a ello.

En realidad, resulta por demás difícil que ocurra de otra manera, ya que el lugar que ocupan estas ciencias en la sociedad – y el papel por ellas desempeñado – no depende sólo de las capacidades científicas disponibles sino también, y fundamentalmente, de las oportunidades para poner en juego creativamente tales capacidades, retroalimentándolas, amplificándolas y legitimándolas socialmente (Arocena y Sutz, 2000).

Cuando esas oportunidades de utilizar los conocimientos científicos son escasas – y, en particular, cuando los recursos humanos formados en esta dirección tienen pocas posibilidades de inserción social y económica – las capacidades son desaprovechadas, se pierden de una u otra forma y, en todo caso, no se expanden de manera significativa. Es decir, de la inserción exitosa y fructífera de los científicos formados en la región, de los conocimientos tácitos que portan y de los que potencialmente pueden generar, depende la continuación del esfuerzo de ampliación de las capacidades.

Es así, entonces, que el problema principal que afronta el desarrollo de las CB en América Latina se puede traducir a la siguiente cuestión: *¿cómo contribuir a profundizar y ampliar la inserción social y económica de esas ciencias en el continente?* Para buscar respuestas a esta interrogante, parece conveniente tomar el punto de vista de las instituciones responsables de la formación de los científicos básicos, las Facultades de Ciencias Básicas. Esta búsqueda de respuestas – por supuesto variadas y siempre parciales – constituye un hilo conductor para la reflexión normativa y propositiva a la que este artículo pretende aportar.

En la medida en que las mencionadas diferencias entre lo que se invierte en términos de esfuerzo humano y los resultados obtenidos tienen causas profundas, antes de ensayar y desarrollar algunas posibles respuestas de cambios necesarios, conviene detenerse momentáneamente en el análisis de las mismas, procurando pistas útiles para ese desarrollo. De hecho, esas causas son, a la vez, los principales obstáculos que deben afrontar quienes pretendan encarar la imprescindible transformación de tan desigual situación.

2 Al respecto, cabe observar la información analizada en el Anexo 1 de Arocena et al, 2003.

1.1. Causas profundas u obstáculos para la transformación

Debido a la profundidad de las causas y al tamaño de los obstáculos, esa construcción de respuestas al desafío planteado constituye una tarea lenta, de largo plazo. En aras de facilitar el análisis siguiente y no sin cierta artificiosidad, pueden distinguirse dos grandes grupos de causas/obstáculos: (i) culturales e ideológicos; (ii) económicos y políticos.

Los primeros hunden sus raíces en un lejano pasado. Se remontan a la tradición cultural que impuso la conquista ibérica. “Castilla miserable, ayer dominadora, desprecia cuanto ignora”, dice el verso de Antonio Machado. En el campo de las ideas, los conquistadores y los regímenes por ellos establecidos estaban mucho más cerca de la Inquisición y de la dogmática medieval que del Renacimiento y de la Revolución Científica. La dominación colonial, y especialmente las universidades que fueron creadas en Hispanoamérica en ese período, no dieron gran valor a la ciencia ni, menos aún, a la tecnología, envuelta en el desprecio aristocrático por las técnicas manuales.

Las cosas no cambiaron demasiado con la cultura oficial de las nuevas repúblicas. Aún las naciones donde se promovió, en el siglo XIX, la universalización de la educación elemental, los institutos para la enseñanza de “artes y oficios” adoptaron formas de tipo correccional o depósito para jóvenes de “mala conducta”. De esta manera, la cultura quedó identificada con las Bellas Artes, las Letras, las Humanidades, y no con la creación tecnológica ni con la exploración científica de la Naturaleza.

Esa visión parcial del quehacer creativo sigue vigente en algunas oficinas culturales, e interjuega con otra postura casi simétrica que, al tratar la Ciencia y Tecnología, excluye del Olimpo de la cientificidad a las Ciencias Sociales y Humanas. No menos grave es la supervivencia de la línea divisoria entre una educación “bachillerisca” para jóvenes destinados a ser “cultos” – que, además, los encamina a las carreras universitarias tradicionales – y una educación técnica, de carácter “terminal”, para jóvenes que deberían ser incorporados rápidamente al “mercado” en posiciones laborales subordinadas.

Cuando lo que se puede caracterizar como *el trinomio inseparable Ciencia - Tecnología - Enseñanza avanzada permanente* se ha ido convirtiendo en fuerza productiva fundamental, aquella divisoria no colabora de manera alguna a la inserción social y económica de las CB; más grave aún, no aporta a la expansión de las capacidades productivas de los países de la región.

Es necesario destacar, además, que el pensamiento latinoamericano predominante sobre ciencia, tecnología y desarrollo, aún en sus épocas de mayor originalidad e impacto ideológico – de los años '50 a los '80 –, no ha sabido encarar en profundidad esta problemática (Dagnino et al, 1996). Ni las contribuciones de la CEPAL ni las generadas en torno a la “teoría de la

dependencia” avanzaron sustancialmente en la consideración de los factores científico-tecnológicos; de su tratamiento del tema parece surgir la idea de que es la propia industrialización la que genera capacidades de cambio técnico. Los primeros estudios sobre las reales condiciones de la producción de conocimientos en países periféricos como los latinoamericanos – representados de cierta manera por los trabajos de Jorge Sabato (1975 y 1982) y Fernando Fajnzylber (1983), que incluso tuvieron una importante relevancia académica internacional – no fueron verdaderamente integrados, ni en aquella época ni hoy, a los cuerpos de ideas dominantes en la reflexión sobre el desarrollo. Al igual que la ciencia y la tecnología en la cultura oficial, son marginales en las principales ideologías en pugna.

Este trabajo pretende aportar a la necesaria reflexión colectiva sobre la imprescindible transformación que requiere la formación de los científicos básicos en América Latina

Los mencionados obstáculos de tipo cultural e ideológico se entrelazan con los económicos y políticos, también configurados históricamente. Los períodos de auge económico de los países latinoamericanos tuvieron muy escasa relación – a diferencia de lo que ha ocurrido en otras zonas del planeta – con la generación endógena de conocimientos científicos y tecnológicos. Así, esta generación no ha quedado asociada con el éxito o la prosperidad, ni entre los empresarios ni entre quienes dirigen los aparatos estatales o buscan hacerlo.

Ya en la primera de las tres etapas de la historia económica contemporánea de América Latina, diferenciadas por los especialistas, (el que se ha dado en llamar “crecimiento hacia afuera”, de base primario-exportadora, predominante desde aproximadamente mediados del siglo XIX hasta la crisis de la década de 1930) fue configurándose una fuerte tendencia a comprar en el “Norte” el conocimiento necesario para la producción de bienes y servicios. Durante el siguiente período (denominado de “crecimiento hacia adentro”, basado en la Industrialización por Sustitución de Importaciones y reinante entre las décadas de 1940 y 1980) aquella tendencia no se revirtió realmente – aunque en algunos países y sectores haya existido una significativa innovación técnico productiva endógena, en general de tipo informal.

En la tercera etapa, que tuvo su inicio a partir de la “década perdida” en lo social y económico de los ’80, las estrategias económicas más utilizadas no han hecho énfasis en el fortalecimiento de la investigación que se realiza dentro de fronteras; tampoco han generado mucha demanda para ella. En realidad, apenas la han tenido en cuenta. La creación científico-tecnológica es hoy, como fue ayer,

una actividad que se mantiene marginada de las principales dinámicas de la economía.

Con estos elementos como telón de fondo, no resulta extraño que en la agenda política real – el conjunto de asuntos percibidos como relevantes y sobre los que se considera necesario adoptar decisiones – estén ausentes las cuestiones científicas y tecnológicas (Albornoz, 1996). En términos generales, no se las considera importantes al reflexionar sobre los posibles márgenes de autonomía económica, política y cultural de los países latinoamericanos.

Por otro lado, y también dentro de las diversas consecuencias que la difícil tarea de enfrentar estos obstáculos conlleva, surge aquella vinculada al resultante perfil de la formación de los recursos humanos en CB en las instituciones aquí analizadas.

1.2. La orientación de la enseñanza en las FCB

No es rara la afirmación según la cual la enseñanza impartida en las Facultades latinoamericanas de CB, se orienta en forma preponderante a la formación de investigadores académicos. Sin embargo, un análisis de esa aseveración debe insertarse en el marco general mencionado en las secciones anteriores, ya que de lo contrario se dejan de lado algunas de sus causas profundas y, aún más grave, se hace difícil abordar el fenómeno de forma constructiva.

Parece adecuado comenzar destacando que ésta es una tendencia bastante previsible; cualquier comunidad tiende a enseñar, explícita y sobre todo implícitamente, para ser lo que ella misma es, en la medida que eso es lo que conoce y en mayor o menor grado sabe hacer. Además, la de los investigadores académicos es una comunidad que valora altamente sus actividades, las cuales en gran parte consisten en la formación de jóvenes; la tendencia no puede sino ser muy fuerte.

Por otro lado, la visión de los estudiantes de CB se resume en una frase: están inmersos en un contexto cultural y social que valora poco – y conoce menos – las actividades de investigación, a las cuales les abre poquísimos espacios para el desempeño laboral fuera de la academia. El mensaje que reciben a lo largo de toda su carrera es que el éxito está ligado a la inserción académica.

En líneas generales, resulta cierta la afirmación de que los programas de las disciplinas básicas refuerzan esa tendencia³; ello constituye un problema que merece atención prioritaria. Sin embargo, para poder manejarlo con posibilidades de éxito, hay que darle el contexto adecuado. En este sentido, es pertinente subrayar

³ Así lo evidencian, además, los informes sectoriales sobre Biología, Física, Matemática y Química, ya mencionados.

que la mencionada tendencia no es consecuencia de que predomine entre los científicos latinoamericanos la vocación por encerrarse en la torre de marfil – no hay indicios de la existencia de ningún indicador que muestre que una vocación de tal tipo posee una mayor proporción de adeptos en esta región que en cualquier otra del planeta –, sino que su causa primera radica – otra vez – en la objetiva irrelevancia de las CB en la región.

Si se enfoca de esta manera la cuestión, puede derivarse que la misma no debe ser encarada subvalorando ni, menos aún, desperdiciando las capacidades para la investigación de tipo académico que tanto trabajo ha llevado construir. Por el contrario, resulta necesario reforzarlas y, en paralelo, imbricarlas en un esfuerzo de espectro más amplio.

La anterior afirmación se constituye en un punto de partida razonable para comenzar a modificar la orientación prioritaria de la enseñanza de las CB hacia la formación de nuevos investigadores académicos. Es necesario destacar que la mencionada tendencia merece serios cuestionamientos desde el punto de vista social y cultural; además, es simplemente insustentable en el tiempo. Si la mayoría de los estudiantes de CB continúan procurando una inserción académica, una cada vez mayor proporción de ellos encontrarán, en forma inevitable, frustraciones y desocupación. Al mismo tiempo, dentro de las propias FCB, los conflictos por los escasos lugares disponibles harán crecientemente irrespirable el clima de trabajo colectivo.

A su vez, en ese marco, las comunidades de docentes y estudiantes que realizan investigación académica y forman esencialmente para continuar realizando ese tipo de tarea, difícilmente dejarán de tener pocos y débiles lazos con sus sociedades. De hecho, los integrantes de esas comunidades, a nivel individual o grupal, suelen cultivar variadas relaciones sociales, con frecuencia de gran valor. Pero también es cierto que lo anotado supone, para las instituciones y equipos académicos en tanto tales, un factor de desarraigo, que suele reflejarse por ejemplo en los criterios para evaluar las propias actividades y en lo que se considera como desempeños exitosos.

En suma, enfrentar los obstáculos y revertir las tendencias profundas a que se ha hecho mención no es tarea simple. Siendo ella una labor sostenida y de largo aliento, resulta conveniente tener en cuenta algunos aspectos que no por ser frecuentemente mencionados dejan de tener una importancia cardinal.

Los períodos de auge económico de los países latinoamericanos tuvieron muy escasa relación – a diferencia de lo que ha ocurrido en otras zonas del planeta – con la generación endógena de conocimientos científicos y tecnológicos

2. Algunos puntos de partida

Las consideraciones a seguir, al facilitar la ubicación conceptual de las sugerencias que se desarrollarán en la sección siguiente; de hecho, constituyen puntos de partida para la elaboración de propuestas, enmarcándolas – a su vez, situando y enmarcando la posición de los autores.

2.1. La emergente sociedad del conocimiento

Históricamente, el papel de la investigación fundamental en las aplicaciones no sólo se ha modificado mucho sino que sigue cambiando, abriendo perspectivas de interacción más estrechas incluso que en el pasado próximo. En efecto, durante gran parte de la historia, la tecnología – el conjunto de respuestas sistemáticas a las preguntas del tipo “¿cómo hacer?” tales o cuales cosas – tuvo una relación escasa y distante con la investigación científica.

Esa relación siguió siendo bastante débil incluso durante la etapa inicial de la industrialización, pero empezó a cambiar rápidamente a partir de la segunda mitad del siglo XIX, dando lugar a lo que algunos autores han denominado “el matrimonio de la ciencia y la tecnología” y otros “el matrimonio de la ciencia y las artes útiles”. La tecnología directamente basada en la ciencia – de la cual la electricidad y la química orgánica figuraron entre los primeros ejemplos, ampliamente destacados – constituyó una de las grandes fuerzas transformadoras de la realidad durante el siglo XX, para bien y también para mal, como lo recuerda el auge de las capacidades destructivas.

Ahora bien, puede conjeturarse que durante las últimas décadas aquel “matrimonio” se fue transformando, dejando de ser una “pareja tradicional”, con roles bastante bien establecidos y diferenciados, generalmente desempeñados por separado, para empezar a convertirse en una “pareja moderna”, con actividades bastante más entrelazadas. Las fronteras entre los contextos de descubrimiento y de aplicación se han hecho, en muchos casos, realmente tenues; en particular, la tecnología usa cada vez más resultados científicos recién formulados e incluso aún no bien establecidos. (Arocena y Sutz, 2003)

Por cierto, la tendencia destacada se manifiesta de maneras diferentes y con vigor variable en los distintos campos de las CB, pero parecería ser importante en todos. En cualquier caso, convendría estudiar en concreto – a nivel de laboratorio y de terreno – los indicios de esa hipotética transformación en el “matrimonio” entre ciencia y tecnología, pues una de sus principales consecuencias parece ser el incremento en flecha de la incidencia directa de las CB en la solución de “problemas prácticos”.

2.2. Las relaciones sistémicas

La reflexión contemporánea sobre los procesos de cambio técnico y productivo ha puesto de manifiesto la relevancia de su dimensión “sistémica”. Ello significa que el nivel, la calidad y la orientación de la innovación técnico-productiva dependen considerablemente de la presencia real de variados actores y de sus relacionamientos. En términos bastante aproximados, se habla de “Sistemas de Innovación” para referirse al conjunto de organismos y actores más directamente involucrados en la innovación técnico-productiva y a los vínculos entre ellos.

La abundante labor de investigación en torno a esa temática tiene entre sus más fecundos antecedentes uno latinoamericano y a menudo desconocido, el trabajo de Jorge Sabato y algunos colaboradores sobre “el problema de las interacciones” en la innovación así sobre las posibilidades y dificultades del avance tecnológico en la periferia (Sabato editor, 1975; Sabato y Mackenzie, 1982). En realidad, la noción de Sistema de Innovación está prefigurada en el artículo de Sabato y Natalio Botana de 1968, en el que se introduce la metáfora del “triángulo” del desarrollo científico-técnico, cuyos vértices debieran ocuparlos el Estado, el Sector Productivo y el Sector generador de conocimientos.

En ese artículo, la metáfora sirve – dado que en un triángulo los lados no son menos importantes que los vértices – para subrayar el carácter decisivo que tiene la fortaleza o la debilidad de los vínculos entre esos tres grandes actores, o grupos de actores. En la mayor parte de América Latina, tales vínculos siguen siendo muy débiles, lo que constituye uno de los mayores obstáculos para la expansión de las capacidades productivas, y hace que, en realidad, apenas si se puede hablar en el continente de “sistemas” de innovación. En general, lo que prima no es la articulación entre actores sino más bien la desarticulación.

En dicho marco se inscribe la ajenidad de las CB a las dinámicas productivas del continente, a la que se ha hecho referencia más arriba. A pesar de que en los últimos tiempos las universidades públicas latinoamericanas han hecho algunos esfuerzos importantes por colaborar con el Estado y el Sector Productivo en materia de innovación, factores profundos – también señalados antes – han frustrado buena parte de esos esfuerzos, por lo que al respecto sigue siendo notoria la “soledad del actor universitario” (Arocena y Sutz, 2001).

2.3. La interdisciplinariedad y la visión integrada de la ciencia

En los intercambios de ideas acerca de la problemática de la enseñanza en las Facultades de CB de América Latina, hay por lo menos dos cuestiones que aparecen en forma recurrente: (i) el afianzamiento creciente de la compartimentación entre disciplinas y (ii) las escasas perspectivas de inserción laboral de los futuros graduados.

Los estudiosos del tema de la “utilidad económica” del trabajo en CB han sostenido a menudo que ella radica sobre todo en la formación de gente con capacidades para afrontar problemas no convencionales, para encarar preguntas o situaciones nuevas, en un contexto de prácticas profesionales cambiantes (Pavitt,

El primer problema de las CB en América Latina es el de la construcción de una base social y cultural muchísimo más sólida de la que ha tenido hasta el presente.

1993). Y ésta es una de las vías por las cuales las cuestiones consideradas se ligan, ya que una especialización acentuada – como opuesta a una formación relativamente amplia y flexible – no facilita el manejo de situaciones nuevas ni la adaptación a condiciones cambiantes.

La “excentricidad”, en el sentido literal de la palabra, de la ciencia en la

cultura contemporánea responde – más allá de sus determinantes históricos y regionales específicos – a factores generales, entre los que no se puede dejar de notar la creciente fragmentación del conocimiento científico. A su vez, la primera causa de ello es seguramente la propia multiplicación del conocimiento, pero no es la única, ni de por sí hace imposible la construcción de “visiones integradas”, parciales y provisionales como la ciencia misma, pero imprescindibles para que la ciencia sea una parte verdadera de la cultura, y a ella puedan de alguna manera acceder los seres humanos que estén interesados en hacerlo.

Cabe preguntarse si la multiplicación y división simultánea de los conocimientos científicos no los va convirtiendo en una especie de nueva Babel de “técnicas” y/o “lenguajes” especializados, a menudo con tremendo impacto práctico, entre los cuales los diálogos se hacen cada vez más difíciles y cuyo conjunto, visto desde afuera, resulta apenas comprensible. Hay una tendencia fuerte que empuja en esa dirección, que como tal no se revertirá, pero que en principio no parece imposible contrabalancearla en medida significativa. A su fortalecimiento mucho ha contribuido la trayectoria espectacular de las CB durante el siglo XX, la cual, como a menudo se ha señalado, ha entrado en contradicción con el sentido común forjado por la experiencia cotidiana de los seres humanos. A las propias CB les corresponde pues una responsabilidad central en la (re)construcción de propuestas para una “visión integrada de la ciencia”.

Puede pensarse, en una metáfora muy burda, a la ciencia como un círculo en expansión, donde la “frontera del conocimiento” está representada por una circunferencia de radio creciente, y la tarea científica puede medirse – en “coordenadas polares” – por el radio y el ángulo, que representan respectivamente el avance especializado y la visión integradora. La historia muestra sin lugar a dudas que los progresos de las ciencias (cualquiera sea la acepción razonable que se retenga de la palabra progreso) depende del trabajo “en las dos coordenadas”.

Pero, por causas varias que no cabe analizar aquí, lo que de hecho se prioriza es el avance “radial”, al tiempo que la expansión de la frontera implica que una dosis dada de trabajo sólo puede cubrir un “ángulo” decreciente.

A ello colabora la estructura de la enseñanza superior, signada por la yuxtaposición de facultades dedicadas a la preparación de especialistas, con una muy débil institucionalización de la colaboración entre disciplinas y de los diálogos entre las distintas manifestaciones de la cultura. Ese predominio abrumador de las estructuras “verticales” en desmedro de las “horizontales” o “transversales” hace dudar que las universidades tengan un grado importante de unidad intrínseca: una construcción no es tal si tiene sobre todo columnas y carece casi por completo de vigas.

Además, el sistema prevaleciente de evaluación y reconocimiento premia la especialización, por lo cual de hecho fomenta la compartimentación. Se plantea pues una cuestión realmente difícil: ¿cómo se forma para la interdisciplinariedad? El riesgo de esterilidad que implica intentar dar respuestas a esta cuestión es alto, pues, como se ha observado a menudo, el tema de la interdisciplinariedad es de los que registran más alto cociente entre lo que se dice y lo que se hace.

Todo ello se relaciona al difícil objetivo de contribuir a “una visión integrada de la ciencia”. En efecto, uno de los sentidos primordiales en que cabe aspirar a esa integración, en tiempos de irreversible expansión de las especialidades y de los saberes parcelados, tiene que ver con las posibilidades de que distintos especialistas lleguen a entenderse y puedan colaborar por encima de las fronteras que separan sus respectivas especialidades. Ello es, por supuesto, imprescindible para que las CB puedan colaborar en la solución de grandes urgencias sociales. Se esboza así una interrogante crucial: ¿es posible hacer un espacio significativo, en la formación de los estudiantes de CB, para el abordaje de grandes problemas que – como la desertificación, el manejo del agua y tantos otros – requieren aportes de varias disciplinas?

A modo de síntesis de lo que se ha afirmado en esta sección segunda, es posible consignar la siguiente afirmación: para afrontar los principales problemas que tienen por delante, particularmente en el campo de la enseñanza, las comunidades de CB de América Latina han de forjar, con otros actores colectivos, redes de colaboración que sean considerablemente más amplias y sólidas que las actualmente en operaciones. O, dicho en forma más breve y contundente aún, *el primer problema de las CB en América Latina es el de la construcción de una base social y cultural muchísimo más sólida de la que ha tenido hasta el presente.*

Algunos simples aportes a esa titánica tarea son los que se ofrecen a continuación, en forma de sugerencias o propuestas para la acción de las Facultades de Ciencias Básicas de la región.

3. Algunas sugerencias

Estas “sugerencias” para la discusión de acciones futuras no pretenden ser enunciados originales sino tan sólo recapitulaciones de ideas ampliamente conversadas, que en varios casos ya están siendo aplicadas desde tiempo atrás. Es decir, en gran medida su base es lo que ya se está haciendo. En realidad, lo apropiado sería que los lineamientos para la acción de las FCB fueran, ante todo, una sistematización de lo mejor de las experiencias en curso. Las cuestiones conceptuales ya mencionadas y las concretas que se consignarán a seguir se inscriben en una temática general: Desarrollo, Ciencia y Tecnología. Y en lo que hace al Desarrollo, más que “inventar” hay que “explorar”, detectando y difundiendo las experiencias más prometedoras.

En resumen, sería necesario que las Facultades de CB definieran una estrategia orientada a colaborar en la construcción de verdaderos “sistemas de innovación” y a su inserción en ellos, de modo de colaborar más directamente con el Desarrollo Humano Sustentable de nuestros países.

Esa orientación general puede implementarse mediante muy variadas tareas concretas, algunas de las cuales se mencionan, a título de ejemplo, a continuación. El primer grupo de medidas refiere a aportes que pueden realizar las instituciones “hacia” la sociedad en su conjunto; de alguna manera, son acciones a realizar en el corto y mediano plazo. El segundo grupo, aunque fuertemente entrelazado con el anterior, como se verá luego, refiere a algunos cambios posibles en la propia enseñanza de las Ciencias Básicas; estas otras acciones, de mediano y largo plazo en sus efectos, apuntan a ir modificando, de a poco, el perfil de formación, esa orientación de la enseñanza que fuera comentada en una sección anterior.

3.1. Los aportes concretos “desde” las instituciones

El “observatorio”

Una de las carencias que habitualmente se constatan es la extrema carencia de información en muchos aspectos del relacionamiento de las instituciones educativas formadoras de científicos básicos y los sectores productivos. Hace falta investigar sistemáticamente la situación actual y la potencial en esta materia. Esa vinculación es muy débil hoy en día, y tendría poca justificación una labor destinada a volver a comprobarlo; pero, si el objetivo es escudriñar perspectivas, entonces es fundamental conocer las experiencias reales exitosas – proporcionalmente pocas, pero en conjunto numerosas y significativas –, que debieran ser entendidas, divulgadas y a partir de las cuales se podría aprender mucho.

En principio – más allá de los imprescindibles programas de investigación en esta materia, de mayor aliento –, convendría recopilar la información, apuntando a una labor sistemática en esa dirección. Estas tareas de recopilación, investigación

y divulgación podrían caer bajo el paraguas de algo así como un “Observatorio” de ejemplos y posibilidades respecto a lo que las capacidades disponibles en CB pueden aportar a los sectores productivos de bienes y servicios y, en especial, para la solución de los grandes problemas sociales.

El “mapa de oferta”

Albert Hirschman, gran maestro en la temática del Desarrollo, insistía en que la cuestión no es tanto determinar la combinación óptima de factores como encontrar y poner a valer recursos que en el Subdesarrollo están ocultos o desaprovechados. En buena medida, América Latina desaprovecha sus recursos en materia de conocimientos porque la costumbre es comprarlos en el exterior y porque no sabe que existen en el interior. Se suele ignorar gran parte de las investigaciones que se están realizando, sus potenciales aplicaciones y las capacidades humanas de alto nivel que están disponibles.

Las Facultades de CB deberían confeccionar y actualizar sistemáticamente un “Mapa de la oferta de conocimientos y calificaciones” que podrían aprovecharse para la innovación técnico productiva. En particular, estas instituciones podrían explorar en conjunto sus posibilidades de colaborar en el manejo de grandes problemas sociales, presentando una suerte de Oferta colectiva de los conocimientos de los que disponen.

La agenda de investigación

Ahora bien, multiplicar la colaboración de las CB con la atención a la problemática social general exige abordar algunos aspectos concretos y polémicos. Uno de esos aspectos es el de la agenda de investigación, que incluye los temas, problemas y preguntas que reciben atención prioritaria así como el tipo de respuestas o soluciones que se buscan. De esta manera, las Facultades de CB podrían elaborar y proponer, en relación a sus áreas de competencia, una “Agenda de Investigación” para nuevos estilos de desarrollo, que defina la prioridad de ciertas líneas de trabajo interdisciplinario que pueden colaborar a encarar mejor ciertos grandes problemas, como la alimentación, el manejo del agua, la desertificación, los riesgos tecnológicos y, más en general, la agregación de valor de conocimientos y calificación tanto a la producción de bienes y servicios como a la preservación del ambiente.

Sería fecundo, además, que las Facultades de CB pusieran a la consideración de los gobiernos y de la ciudadanía en general una Agenda de Investigación de ese tipo.

Por cierto, hace falta considerar atentamente cómo se elabora esa agenda, en términos explícitos y, sobre todo, en términos implícitos, que suelen ser los más relevantes, pues la orientación de la investigación depende de un cúmulo de factores

– tradiciones, casualidades, posibilidades, impulsos – complejamente entretreídos (Bianco, 1999 y 2000). En la conformación de la agenda gravita poderosamente toda la maquinaria de evaluación y estímulos de la investigación, la cual va marcando directa o indirectamente las líneas de trabajo que tienen mayores posibilidades de ser reconocidas y apoyadas. (Davyt, 1997; Davyt y Velho, 2000). La agenda y los estímulos – “premios y castigos” – inciden considerablemente en la configuración del trabajo de investigación y, en especial, en su mayor o menor lejanía con determinados problemas.

La información que surge de los graduados

Entre los recursos que se deben aprovechar mejor, empezando por saber más de lo que pasa con ellos, figuran los propios graduados en CB. Como ocurre en otros aspectos ya tratados en este texto – y fue anotado insistentemente en los informes sectoriales –, se dispone de poca información acerca de lo que hacen, de lo que piensan respecto a la formación que recibieron, de lo que opinan sobre los principales problemas con que se topan y las experiencias más innovadoras que llevan a cabo, de todo lo cual hay mucho que aprender. El sistemático “Seguimiento de los graduados” aparece así como otra tarea prioritaria de las FCB, que sería por demás útil encarar con criterios comunes, que permitieran comparar y compartir experiencias.

La extensión

El problema de poner el conocimiento a disposición de los potenciales usuarios es antiguo y ha sido afrontado de múltiples maneras. Uno de los principales antecedentes es lo que se conoce como “extensionismo agrario”, desde hace mucho tiempo practicado en distintas regiones, América Latina incluida. Entre los índices de la debilidad de nuestros sistemas de innovación en relación a la industria cabe incluir la casi nula presencia en la región del “extensionismo industrial”, orientado a poner conocimientos a disposición de las empresas del sector – particularmente las más pequeñas, que son las más carenciadas al respecto –, por ejemplo financiando pasantías de expertos que pueden ayudar a detectar necesidades, posibilidades y formas de atenderlas.

La creciente importancia productiva directa del conocimiento científico básico en distintos terrenos lleva a pensar en las posibilidades de impulsar el “extensionismo científico” en los campos de la producción, la salud y muchos otros.

Por cierto, la terminología del “extensionismo” paga tributo a una concepción bastante superada, afín a la “transferencia de tecnología”, según la cual los procesos de ese tipo son esencialmente unidireccionales, pues pondrían en contacto a los que “saben” con los que “no saben”, de donde toda la cuestión radicaría en “trans-

ferir” de los primeros a los segundos. Entre los avances empíricos y conceptuales que dieron origen a la concepción de los Sistemas de Innovación se destacan los vinculados a la comprensión de las relaciones entre “productores” y “usuarios” de conocimientos como procesos interactivos, en los que la conjugación de saberes distintos puede dar lugar a innovaciones exitosas (Lundvall, 1985 y 1988). Convendría pues hablar de “interaccionismo” más bien que de “extensionismo”, pero se utiliza aquí esta última palabra en aras de no apartarse demasiado de lo usual.

En la perspectiva antes mencionada, el “extensionismo científico” consiste en el conjunto de programas que pueden llevar a que se detecten posibilidades de resolver de maneras nuevas problemas diversos mediante conocimiento científicos, ya disponibles o que podrían obtenerse.

Algunas relaciones entre sugerencias

Es obvia la relación de la última línea de trabajo con otras dos mencionadas antes, Agenda de Investigación y Mapa de Oferta. Una manera entre varias posibles para implementarla consiste en financiar (por ejemplo, mediante la colaboración del sector público y los organismos empresariales) pasantías de jóvenes científicos en empresas, cooperativas, municipios, etc., para estudiar, junto con quienes en tales entidades se desempeñan habitualmente, las perspectivas de aprovechar mejor sus recursos incorporando conocimiento científico. La experiencia sugiere que ésta puede ser una de las mejores vías para, muy particularmente, abrir espacios ocupacionales a los graduados en CB, por lo cual la actividad sugerida se liga directamente también con el Seguimiento de graduados.

3.2. Algunos posibles cambios curriculares

Las carreras mixtas

Tanto el “extensionismo” como la inserción laboral tendrían mayores alcances, presumiblemente, si se diversifica la oferta de estudios con alto contenido de CB. Diversificación que podría enfocarse en programas de formación ofrecidos en conjunto por las Facultades de CB con otras Facultades e instituciones educativas, y también con otras organizaciones, como grandes empresas públicas o asociaciones de productores. Se trata de entidades que cada vez más precisan graduados “tecnocientíficos” con perfiles especializados – en formas de la contaminación, manejo de recursos hídricos, uso de la genética y la virología, física de materiales, tecnología estadística y computacional, etc. Se trataría en ese sentido de “carreras mixtas”, que deberían tener un carácter experimental y muy flexible, constituyendo probablemente programas a término, vale decir, a ofrecer durante un cierto período, y en cualquier caso sujetos a revisión frecuente.

Tales programas pueden, por supuesto, estructurarse tanto a nivel de grado como de postgrado. Hay ya una interesante experiencia en lo que se refiere a Maestrías de carácter aplicado, organizadas a partir de iniciativas surgidas en grupos de investigación “básica”. En algún caso, una empresa de alta tecnología se “auto incubó” en una de esas Maestrías.⁴

El “modo horizontal”

Colaborar desde las CB a la construcción y difusión de visiones más integradas de la ciencia demanda por lo menos un tipo de tareas, más bien internas a la academia. Ellas apuntan a reivindicar también – volviendo a la pequeña metáfora de la sección anterior – la dimensión “angular” del trabajo científico, la que busca conectar diversas direcciones de investigación, comparar enfoques, analizar similitudes y diferencias en las ideas medulares, entender la evolución de éstas, esbozar panorámicas de conjunto. No hace falta decir que en todo esto le corresponde un papel fundamental a los historiadores y filósofos de la ciencia; cabe lamentar que los diálogos entre ellos y los investigadores en CB sean por lo general tan débiles.

En suma, cabe asignar un espacio a los estudios interdisciplinarios, con participación de especialistas de las ciencias humanas y sociales, que apunten a ofrecer “visiones integradas” del conocimiento científico de la Naturaleza.

Pero tal vez ello no sea una medida suficiente. ¿Cómo hacer para superar o paliar los problemas de la compartimentación entre disciplinas? Por supuesto, probablemente no exista “la” solución: los espíritus “renacentistas”, capaces de cultivar todas las artes y todos los saberes, si alguna vez fueron de este mundo, ya no lo son. Pero seguramente no es poco lo que se hace y lo que se puede hacer para conjurar ciertos efectos muy nocivos de la especialización excesiva, del avance casi exclusivamente “radial”, con escasa amplitud “angular”. Aquí se esboza una pista, que quizás no sea inútil para buscar alternativas concretas en cada situación específica.

Hace algunos años, tuvo gran repercusión una obra (Gibbons et al, 1994) sobre “el nuevo modo de producción de conocimientos”. La tesis central, expuesta de manera abusivamente breve, es que las características prevalecientes en las prácticas de la investigación están cambiando de lo que los autores denominan como el “Modo 1” a un “Modo 2”. En el primero, la investigación tiene carácter fundamentalmente académico; se organiza en torno a las disciplinas, mediante equipos relativamente estables, que trabajan en el “contexto de descubrimiento”,

⁴ Este es el caso de la empresa ATGen y a la Maestría en Biotecnología de la FC de la Universidad de la República, Uruguay.

en función de preguntas que surgen sobre todo desde “el interior” de las ciencias involucradas. En el “Modo 2”, la investigación se realiza primordialmente en el “contexto de aplicación”, a partir de equipos interdisciplinarios, que se estructuran, por lo general a término, para abordar problemas planteados desde “el exterior” de la academia. Infinitas discusiones se han planteado alrededor de la contraposición de esos dos “modos”; sin rozarlas siquiera, la evocación es útil para sugerir que, sustituyendo la contraposición por la combinación, quizás se obtenga una pista útil para la enseñanza.

Ejemplos de lo anterior parecen claros en la Física y la Matemática, ciencias respecto a las cuales se plantea – particularmente en los respectivos informes sectoriales – una gran preocupación, no sólo por la formación excesivamente especializada y orientada a la investigación en la propia disciplina de sus graduados, sino también por las dificultades para comunicarse y trabajar en equipo con las cuales estos últimos parecen tropezar a menudo. Sería seguramente frustrante “sustituir” completamente esa formación, un tanto unilateral, por otra que, por ejemplo, pretendiera basarse sólo en “problemas”.

Pero se podría combinar dos tipos de formación, uno vertical, estructurado en torno a los encadenamientos lógicos de los conocimientos en la respectiva disciplina, el “mayor” en cuanto a tiempo (por ejemplo, para calibrar la sugerencia, entre el 60 y el 80% del tiempo de trabajo estudiantil), con otro horizontal o transversal, de carácter flexible y tentativo (“experimental” desde el punto de vista educativo), orientado al trabajo en equipos multidisciplinarios en torno a problemas y/o proyectos.⁵

La primera línea de trabajo apunta al avance “radial” del conocimiento, en la dirección de la disciplina escogida; se apoya en una extensa experiencia académica, que sin duda puede ser mejorada, en particular a partir de los aportes de la investigación educativa, pero que sería absurdo dejar de lado. Por supuesto, esta línea incluye las materias de otras disciplinas que se consideran necesarias para la formación en la ciencia de que se trate.

La segunda línea, el “modo horizontal” apunta a ampliar el “ángulo” bajo el cual los estudiantes ven a la ciencia; también se dispone de experiencias valiosas en la materia. Vale aquí subrayar que no se la puede pensar como una yuxtaposición de materias varias, sino que debe tener un “esqueleto” sólido; ello requiere: (i) un hilo conductor, constituido por un problema o conjunto de problemas, que cada grupo “multidisciplinario” de estudiantes debe encarar, y (ii) un equipo docente responsable de toda la trayectoria en esta “segunda línea” del grupo en cuestión. En particular, este equipo asesoraría a los estudiantes respecto a los cursos que

⁵ Probablemente en Química y en las Ciencias de la Vida haya que pensar las cosas de manera un tanto diferente, pero tal vez la “pista” esbozada no sea inútil.

les convendría seguir a los efectos de colaborar con la tarea de su respectivo grupo, pero siempre abriendo un campo amplio a la diversidad de opciones.

En todo caso, el equipo docente responsable de la dirección “horizontal” debiera ser apoyado por otros que ofrezcan materias inherentemente “transversales” (Historia y Filosofía de la Ciencia; Ciencia, Tecnología y Sociedad; Ética de la Investigación, Planificación y Gestión, etc.), que puedan colaborar a: (i) ampliar perspectivas culturales, (ii) facilitar los diálogos entre estudiantes de disciplinas distintas y (iii) contextualizar los problemas específicos que los distintos grupos de estudiantes deberían, en alguna medida, “resolver” o, más precisamente, tomar como eje de su “proyecto” de trabajo.

En suma, sería interesante considerar las posibilidades de combinar dos “modos” para la enseñanza universitaria de las CB, uno específico a cada disciplina y estructurado según sus lógicas propias, y otro “transversal”, multidisciplinario y vertebrado en torno a problemas o proyectos. El segundo modo incluiría una oferta “semi estructurada” de cursos de otras disciplinas – básicas, tecnológicas, sociales y humanísticas.

Consideraciones finales

Cultivar las CB es una de las condiciones necesarias para el enriquecimiento cultural y el desarrollo humano sustentable de América Latina. No poco se ha hecho en ese terreno, pero es imprescindible hacer mucho más. Para ello se requieren nuevos recursos y, sobre todo, usar mejor los recursos disponibles, a menudo descuidados o subutilizados. Por consiguiente, urge agudizar la imaginación colectiva.

Las instituciones de formación de los científicos básicos no pueden limitarse más – por ser tarea insustentable en el mediano plazo – a la ampliación de las capacidades disponibles, es decir, al mero incremento del número de graduados de alta calidad. Deben, además, atacar el problema de la escasa relevancia de las CB y, estrechamente vinculado a ello, de la inserción social y económica deficiente de sus egresados.

En este sentido, es imprescindible revisar los criterios con los que se evalúa el desempeño de quienes se dedican a las CB, apuntando a reconocer y estimular la pluralidad de esfuerzos involucrados en la construcción de la base social y económica de la investigación latinoamericana.

En tal perspectiva, este texto sugiere trabajar en la dirección de una redefinición del cometido educativo de las Facultades de CB, desplazando su “baricentro” desde la formación de licenciados hacia una tarea que, por supuesto, incluye a la mencionada pero es mucho más amplia: la colaboración para expan-

dir las capacidades de la población en general para usar los conocimientos científicos básicos de maneras socialmente fructíferas.

Apuntando a ello, se han anotado aquí algunas sugerencias – entre otras tantas posibles – que han surgido de las experiencias existentes en diversos puntos de la región, donde se han ensayado tanto cambios en las acciones desarrolladas “hacia” afuera de las instituciones involucradas, tendiendo nuevos puentes hacia la sociedad – en particular hacia la producción y otras prácticas sociales – como cambios en las propias propuestas formativas de los científicos básicos.

Bibliografía

ALBORNOZ, Mario (1996): “La ciencia política ignora a la política de la ciencia”; en: Albornoz, M.; Kreimer, P. & Glavich, E. (eds.): *Ciencia y Sociedad en América Latina*. Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires.

AROCENA, Rodrigo, COHANOFF, Claudia y DAVYT, Amílcar (2003). *El lugar de las ciencias básicas en (la sociedad y la cultura) de América Latina*. Montevideo, UNESCO/Facultad de Ciencias, UdelaR.

AROCENA, Rodrigo y SUTZ, Judith (2000): “Interactive learning spaces and development problems in Latin America”, DRUID (Danish Research Unit for Industrial Dynamics) Working Paper 13/2000.

Idem (2001): “Changing knowledge production and Latin American universities”, *Research Policy* 30, 1221-1234.

Idem (2003): *Subdesarrollo e innovación. Navegando contra el viento*. Cambridge Univ. Press, Madrid.

BIANCO, Mariela (1999): “Cultivating Knowledge: Scientists, Research, and the Construction of Agricultural Science in Uruguay.” Tesis de Doctorado (Ph.D) The Pennsylvania State University, USA.

Idem (2000): “Producción, ciencia y oportunidades: la constitución de agendas de investigación en ciencias agrarias.” Documento de trabajo N° 4, Unidad Académica de la CSIC.

CHAMIZO, José Antonio (2003): “Situación actual y desafíos de la enseñanza universitaria de la química en América Latina”, documento preparado en el marco del Proyecto UNESCO Montevideo / Facultad de Ciencias, UdelaR.

DAGNINO, Renato, Thomas, Hernán & Davyt, Amílcar (1996): “El pensamiento en Ciencia, Tecnología y Sociedad en Latinoamérica: una interpretación política de su trayectoria”; *Revista de Estudios Sociales de la Ciencia - REDES*, Vol. III, N° 7: 13-52.

DAVYT, Amílcar (1997): "A construção da excelência nos processos de avaliação da pesquisa. A Comissão Sectorial de Investigación Científica da Universidad de la República, Uruguay". Tesis de Maestría, Universidad Estadual de Campinas, Brasil.

DAVYT, Amílcar y VELHO, Léa (1999): "Excelencia científica: la construcción de la ciencia a través de su evaluación. La Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC), Uruguay", *Revista de Estudios Sociales de la Ciencia - REDES*, Vol. VI, N° 13: 13-48.

FAJNZYLBBER, Fernando (1983): *La industrialización trunca de América Latina*, Ed. Nueva Imagen, México.

GIBBONS, M., LIMOGES, C., NOWOTNY, H., SCHWARTZMAN, S., SCOTT, P., TROW, M., (1994). *The new production of knowledge*, Sage, Londres.

JACOVKIS, Pablo M. y WACHENCHAUZER, Rosita (2002): "La enseñanza universitaria de las matemáticas en América Latina: situación actual y desafíos", documento preparado en el marco del Proyecto UNESCO Montevideo / Facultad de Ciencias, UdelaR.

LUNDVALL, B.A. (1985): "Product innovation and user-producer interaction", Industrial Development Research Series, N° 31, Aalborg University Press, Aalborg.

Idem (1988): "Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation", en Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G. and Soete, L. edits. (1988): *Technical Change and Economic Theory*, Pinter, Londres, 349-369.

MAGAÑA Solís, Luis Fernando (2003): "Acerca de la enseñanza universitaria de la Física en América Latina: situación actual y desafíos", documento preparado en el marco del Proyecto UNESCO Montevideo / Facultad de Ciencias, UdelaR.

PAVITT, K. (1993): "Basic sciences and innovation", *World Science Report 1993*, UNESCO, 133-135.

SABATO, Jorge (editor) (1975): *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*, Paidós, Buenos Aires.

SABATO, Jorge y Botana, Natalio (1968): "La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina". En: J. Sabato (editor) (1975), *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*, Paidós, Buenos Aires.

SABATO, J. y Mackenzie, M. (1982): *La producción de tecnología. Autónoma o transnacional*, Ed. Nueva Imagen, México.

WONG VEGA, Luis (2002): "La enseñanza universitaria de la Biología en América Latina: situación actual y desafíos", documento preparado en el marco del Proyecto UNESCO Montevideo / Facultad de Ciencias, UdelaR.