Asibei

Educación en ingeniería para la ciudadanía, la innovación y la competitividad en Iberoamérica:

Ciencias, tecnología, ingeniería, matemáticas y el rol de las Facultades de Ingeniería.

Mauricio Duque

Jorge Celis

Educación en ingeniería para la ciudadanía, la innovación y la competitividad en Iberoamérica

Ciencias, tecnología, ingeniería, matemáticas y el rol de las facultades de ingeniería

Autores
Mauricio Duque, Jorge Celis

Colaboraron
José Mauricio Chávez, Roberto Giordano, Miguel Sosa,
Daniel Vargas, Vlamidir Yackovlev

Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería

Comité Ejecutivo 2012

Presidencia
Ing. Ramón Blasco, Universidad de Santiago de Chile. Presidente CONDEFI, Chile.

Vicepresidencia
Ing. Jorge Del Gener, Presidente del CONFEDI, Argentina.

Secretaría Ejecutiva
Ing. Jaime Salazar C., ACOFI. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

Vocalía
Asociación Brasilera de Enseñanza de la Ingeniería, ABENGE.
Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI.
Asociación Ecuatoriana de Instituciones de Enseñanza de Ingeniería, ASECEI.
Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería, ANFEI, México.
Consejo Decanos Facultades de Ingeniería, CONDEFI, Chile.
Consejo Federal de Decanos de Ingeniería, CONFEDI, Argentina.
Consejo Nacional de Facultades de Ingeniería del Perú, CONAFIP.
Núcleo de Decanos de Ingeniería de Venezuela.
Instituto Superior de Ingeniería de Lisboa, ISEL, Portugal.
Instituto Politécnico de Setúbal, IPS, Portugal.
Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, LACCEI.
Universidad Politécnica de Madrid, UPM, España.
Universidad de Casilla La Mancha, UCLM, España.
Universidad ORT, Uruguay.
Universidad Católica del Uruguay.
Universidad de la República, Uruguay.
Universidad Católica de Asunción, Paraguay.
Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

ISBN: 978-958-99255-3-9

1ª. Edición 2012

© Editor: ASIBEI
Jaime Salazar Contreras
Secretario Ejecutivo

© Autores: Mauricio Duque
Profesor Asociado. Facultad de Ingeniería
Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

Jorge Enrique Celis Giraldo.
Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

Diagramación e impresión
ARFO Editores e Impresores Ltda.
Cra. 15 No. 54-32 Tel.: 2175794 - 2494992
Bogotá, D. C., Colombia
casaeditorial@etb.net.co

Agradecimientos

Los autores expresamos nuestros agradecimientos a ASIBEI por hacer posible el desarrollo y divulgación de este trabajo, a los colegas de Venezuela, Chile, Ecuador y Argentina por sus aportes en las discusiones y por la información suministrada.

Igualmente, agradecemos al Ingeniero Jaime Salazar, quien estuvo pendiente de brindar el apoyo requerido para la consecución de datos.

A la Universidad de los Andes por el tiempo aportado para el desarrollo de este documento.

Finalmente a los estudiantes que colaboraron en la recolección y procesamiento de la información.

Todo lo expresado en este documento es el resultado del trabajo de los autores y no compromete, con las opiniones y conclusiones a quienes colaboraron y a ASIBEI.

Contenido

Introducción 7

¿Quiénes ingresan y quiénes se gradúan en las facultades de ingeniería en Iberoamérica? 11

La ingeniería en cifras en algunos países iberoamericanos 14
El número de graduados 14
Evolución de la matrícula y deserción 21
Calidad de los estudiantes que ingresan a programas de ingeniería.. 26
OECD y la prueba PISA 26
TIMMS 29
Latinoamérica y la prueba SERCE 30
Resumen del capítulo 31

El atractivo de una formación en ingeniería y ciencias: la percepción de los jóvenes en Iberoamérica 33

Las expectativas profesionales de los jóvenes en Iberoamérica: ¿Qué tan atractivas son la ciencia y la ingeniería como profesión? ... 33

La formación de ingenieros para la sociedad del siglo XXI 39

Los objetivos de la formación de ingenieros para el siglo XXI 40
ABET 41
CDIO 42
Tuning-AHELO 43
La docencia de calidad y el desarrollo académico de los profesores 44
Desarrollo académico de profesores: ¿Qué parece funcionar? 46
Resumen 47

La ingeniería en la formación desde el preescolar hasta la universidad 49

Tecnología e ingeniería en la alfabetización y la ilustración para todos 50

La ingeniería en la reforma de la educación STEM para todos..... 53

La calidad de la cadena depende de la calidad de cada eslabón 53

Educar en STEM requiere de conocimientos en STEM 54

El desempeño del ingeniero no sólo depende de su propia formación..... 54

Responsabilidad social 54

Ingeniería y sociedad: acciones en curso 55

La educación en Iberoamérica: un problema de sistema no de niveles educativos 57

Programas en Estados Unidos y Canadá..... 58

Estados Unidos 58

Canadá 60

Programas existentes en Iberoamérica y Europa 60

Recomendaciones finales 61

Referencias 63

Introducción

Dos hechos incuestionables llevan a proponer la centralidad que tiene una educación en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM por sus siglas en inglés) para todos en Iberoamérica y el rol que tienen las facultades de ingeniería en esta nueva apuesta educativa con miras a aumentar el número y potenciar las competencias de los jóvenes interesados en una profesión en ingeniería y ciencias y fortalecer las capacidades de productividad, innovación y competitividad de los países, todo lo cual redundará en una mejora de la calidad de vida (Committee on Science Engineering and Public Policy, 2007, p. 67; PCAST, 2012).

El primer hecho es histórico. Pocos científicos de Iberoamérica han sido galardonados con el premio Nobel en ciencias y la mayoría de ellos pertenecen a un grupo reducido de países; más aún, en algunas de las universidades más prestigiosas de los países desarrollados trabajan actualmente más laureados con el Premio Nobel que la totalidad de los que provienen de Iberoamérica. La historia también señala que algunas grandes empresas han registrado muchas más patentes en las oficinas de Estados Unidos o de Europa que el total de las empresas de Iberoamérica en su conjunto (OEI, 2012, p. 7). Por otra parte, se ha encontrado que algunas ciudades de América Latina no han logrado ser más competitivas porque su capacidad de generar conocimiento al más alto nivel está aún en ciernes: pocas ciudades cuentan con universidades de talla mundial, la tasa de producción de artículos por año es baja y las escuelas de ingeniería no tienen reconocimiento internacional en comparación con ciudades ubicadas en otras regiones del mundo (Colmenares & Celis, 2011).

El segundo hecho es de futuro. La ciencia, la ingeniería y la tecnología permean cada faceta de la vida moderna y ellas tienen también la clave para responder a muchos de los retos más relevantes que tiene la humanidad, como buscar fuentes alternativas y sostenibles a las demandas en energía y agua para una población que está en aumento (National Research Council, 2011a, p. 1). En

este contexto, la ingeniería ha sido considerada como una de las profesiones centrales del siglo XXI, pues no sólo aplica los conocimientos científicos logrados a través del estudio, la experiencia y la práctica para emplear racional, ética, segura, eficiente y económicamente los recursos y fuerzas naturales en beneficio de la humanidad en un contexto histórico determinado (ASIBEI, 2007, p. 69; EDUCING, 2010), sino que está en capacidad de desarrollar la tecnología necesaria para modernizar los aparatos productivos de los países.

Sin embargo, mientras la demanda por nuevos ingenieros y científicos se ha incrementado en el mundo, muchos países muestran, desde hace más de una década, un declive en el interés de los jóvenes que egresan de la educación media o la secundaria por continuar una formación en ingeniería y ciencias. Incluso países que han registrado un crecimiento en la matrícula en estas profesiones encuentran una brecha creciente entre lo que requieren y lo que están logrando. En Estados Unidos, por ejemplo, se plantea la urgente necesidad de formar un millón de profesionales adicionales en STEM que se traduce en un aumento del 34% en los grados que se otorgan en estas disciplinas actualmente según PCAST (2012). Diferentes documentos plantean posibles causas para entender esta situación. Una que aparece a menudo es que los jóvenes no encuentran las matemáticas y las ciencias atractivas debido a experiencias negativas durante su proceso de escolarización, por lo que estas profesiones son percibidas como difíciles (PCAST, 2012). A este desinterés hay que agregar la deserción de los estudiantes que cursan programas en ingeniería, que se explica en este caso en gran parte por las escasas competencias en matemáticas y en ciencias, que son consecuentes con los pobres resultados que obtienen los niños y jóvenes de Iberoamérica en pruebas internacionales estandarizadas como TIMMS y PISA.

Esta situación, que está tomando dimensiones globales, ha hecho que se examine lo que está sucediendo en la formación previa a la universitaria, pues todo parece indicar que actuar en el sistema educativo desde temprana edad mejora las condiciones académicas y sociales de los potenciales candidatos a ingresar a estudios de ingeniería y ciencias. La cuestión no es sólo de volumen sino de estudiantes de calidad con las competencias necesarias para poder apropiar los nuevos desarrollos en materia de educación en ingeniería y de lograr engranar los diferentes niveles educativos. La formación en ingeniería y ciencias exige un continuum en la formación, un eslabonamiento desde la primaria (educación básica) pasando por la secundaria.

Siendo este el escenario, el presente trabajo plantea un conjunto de preguntas pertinentes para la comprensión de la nueva apuesta educativa (STEM) en la cual las facultades de ingeniería en Iberoamérica juegan un rol fundamental para contribuir a formar ciudadanos más ilustrados en ciencias y tecnología y, al

mismo tiempo, con más y mejores candidatos que posean las competencias requeridas para responder a los nuevos desafíos que están trazando las sociedades a la profesión de ingeniero, a saber:

- ¿Están ingresando a las facultades de ingeniería estudiantes en el número esperado y de calidad? ¿El número de ingenieros con altos estándares que están graduando es suficiente para las necesidades de los países, sobre todo de aquellos en vías de desarrollo?
- ¿La ingeniería es cada vez más vista como una profesión de altísima reputación e impacto social que atrae cada vez más estudiantes? ¿O está sucediendo lo contrario? ¿Puede la ingeniería convertirse en una profesión de segunda?
- ¿Están las formaciones de ingenieros en Iberoamérica en el estado del arte? ¿Son atractivas? ¿Están formando en las competencias requeridas en el siglo XXI?
- ¿Debe la formación de todo ciudadano incluir algo de pensamiento ingenieril como parecen proponer algunos documentos en STEM? ¿Por qué? ¿Cómo? ¿Qué rol deberían jugar las Facultades de Ingeniería en ello?
- En últimas, ¿están haciendo todo lo que deben las facultades de ingeniería para garantizar el número de ingenieros en cantidad y calidad que requiere la sociedad y formar los ciudadanos futuros con pensamiento ingenieril?

El propósito de este documento no es responder plenamente a estas preguntas, sino dar una respuesta inicial y en algunos casos parcial a partir del examen de cifras, estadísticas y documentos producidos, proponiendo algunas tesis a explorar en futuros trabajos. El documento está organizado en cinco capítulos. El primero presenta cifras sobre la formación de ingenieros: evolución de estudiantes matriculados y graduados y las competencias en ciencias, matemáticas y lectura de los niños y jóvenes en Iberoamérica. El segundo analiza algunos factores asociados al atractivo que tiene para los jóvenes egresados de la educación media el continuar programas de corte STEM en educación superior. El tercero muestra algunos de los retos que se plantean para la formación de ingenieros, que parecen emerger de estudios adelantados en la materia en la última década. El cuarto describe el sistema de formación STEM enfocándose en la formación previa a la universidad como condición básica para formar ciudadanos más ilustrados en ciencias e ingeniería y contar con estudiantes en los volúmenes y las competencias necesarias para convertirse en profesionales en ingeniería. Finalmente, a modo de resumen, se plantean una serie de preguntas y propuestas a la comunidad académica de ingeniería que se desprenden del documento y que buscan animar el debate sobre el rol que tienen las facultades de ingeniería en STEM.

¿Quiénes ingresan y quiénes se gradúan en las facultades de ingeniería en Iberoamérica?

La sociedad del siglo XXI tiene una necesidad creciente de profesionales STEM, siendo la ingeniería una de las profesiones centrales de este grupo de profesiones. En la ingeniería se sustenta la construcción de capacidad en infraestructura e innovación que da como resultado competitividad en un mercado cada vez más global. Sin embargo, ni la cantidad, ni la calidad de las formaciones actuales parece estar a la altura de las demandas de una sociedad en un proceso creciente de globalización y de tecnificación si se tiene en cuenta que un número cada vez mayor de estudios señalan que aún en países desarrollados con formación de buenas cantidades de profesionales STEM se ha llegado a esta conclusión (PCAST, 2012). En Farrell and Grant (2005, p. 5), por ejemplo, se indica que China a pesar de formar del orden de 600.000 ingenieros por año, esta cifra resulta insuficiente, entre otras, por la inadecuada formación práctica que está más centrada en una aproximación "teórica" que en desarrollo de competencias para el ejercicio profesional. Reportes recientes claman con urgencia modificaciones en los procesos de formación de estos profesionales, tanto en las etapas previas, como al interior de la misma formación (PCAST, 2012). En consecuencia, formar más y mejores ingenieros implica un proceso completo de reingeniería de toda la cadena de formación para hacerla más eficaz y más atractiva, que implica indiscutiblemente analizar lo que está sucediendo en la educación básica y media.

El problema es más agudo si se comprende que no basta con formar unos profesionales de élite, en ingeniería y ciencias por ejemplo, sino que el reto es formar además a todos los ciudadanos para la innovación (Baudelot & Establet, 2009; Council of Competitiveness, 2004). Por ello cuando se examinan indicadores asociados a la competitividad rápidamente, aparece la educación para todos como un factor relevante (Schwab, 2012). En la figura 1 se muestran tres factores entre los que se relacionan en este estudio con la competitividad para

algunos países seleccionados, tomando educación básica, educación terciaria e infraestructura, este último factor directamente relacionado con la labor de la ingeniería:

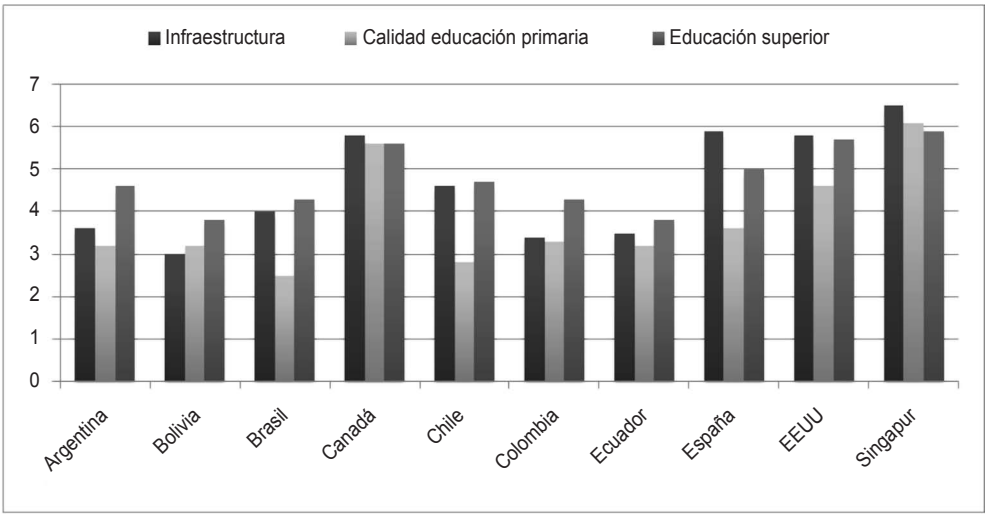

Figura 1. Indicador sobre factores pilares de la competitividad.

Fuente: Schwab (2012, pp. 86-373)

Como se puede apreciar, parece existir una brecha importante en educación básica y superior e infraestructura entre los países de Iberoamérica de esta muestra (salvo España) y los países desarrollados que se seleccionaron para la comparación.

Si bien los estudios muestran que la construcción de riqueza y de capacidad de innovación depende de la consolidación de un ecosistema propicio a la productividad y a la innovación que involucra diferentes actores y que requiere de la participación de todos los ciudadanos, todos con buenos niveles de educación, contrario a visiones de educación de calidad sólo para las élites (Baudelot & Establet, 2009; Council of Competitiveness, 2004), el sistema de ciencia, tecnología e ingeniería es crucial. Dentro de este sector la ingeniería juega a su vez un rol central pues es responsable del desarrollo de la infraestructura y de la tecnología requeridas y de su utilización apropiada.

Salud, vivienda, educación, recreación, alimentación, seguridad y comunicación, por ejemplo, pasan por la ingeniería, si bien en algunos de estos sectores estratégicos intervienen sin duda muchas otras profesiones. De muchas formas,

la ingeniería es central en la calidad de vida de los ciudadanos de un país (Committee on Science Engineering and Public Policy, 2007).

En consecuencia, contar con ingenieros en cantidad y calidad es un imperativo insoslayable. Pero formar ingenieros implica no sólo enfocarse en la duración nominal de los programas (4, 5 ó 6 años) requeridos para formar un profesional en ingeniería, sino garantizar que el graduado responde, en el marco de estándares internacionales, a las necesidades de un país. El cumplimiento de estos altos estándares tiene a su vez una limitante importante: la calidad de quienes ingresan a los programas de ingeniería. Una formación deficiente en los ciclos primarios y secundarios tiene un impacto profundo en la formación de los ingenieros:

- Estudiantes con dificultades en ciencias y matemáticas posiblemente, como lo indican algunos documentos, no opten por un programa de ingeniería, ya sea porque consideren que estos programas son muy difíciles, ya sea porque su experiencia del aprendizaje en ciencias y matemáticas les haya generado aversión por estas áreas.
- Quienes, a pesar de sus dificultades, deciden inscribirse en un programa de ingeniería con altos estándares, si logran la admisión muy probablemente aumentarán las cifras de deserción que en países con un bajo nivel de educación básica tienden a ser importantes, como se verá más adelante.
- Quienes finalmente se gradúen en instituciones de educación superior que no tienen los más altos estándares, posiblemente continúen con sus debilidades académicas originadas desde la educación básica, conduciendo a engrosar las filas de profesionales con una pobre capacitación para un desempeño al más alto nivel.

La mayor parte de los países desarrollados se han ocupado de esta problemática de forma bastante integral, a sabiendas de que la calidad y cantidad de ingenieros no sólo depende del proceso de formación durante los estudios superiores, sino de lo que sucede antes, desde la primera infancia. No obstante, en los países en vías de desarrollo, como es el caso de Latinoamérica, este tipo de reflexión es menos común y ello a pesar de que la educación básica se encuentra por debajo de países que se han preocupado por esta situación. En estos países parecería persistir la idea de que basta con formar un selecto grupo de buenos profesionales en ingeniería y ciencias para cumplir con el deber frente a la sociedad. Las facultades de ingeniería en general se han centrado en la formación de los ingenieros, limitándose en muchos casos a expresar su inconformidad sobre el nivel de competencia de los nuevos aspirantes en las disciplinas básicas como matemáticas, física y química debido a los altos costos que ello les implica: ac-

tividades remediales, alta deserción y bajo nivel de egreso cuando no tienen la posibilidad de seleccionar a los mejores candidatos a la entrada.

Este capítulo pretende explorar desde una perspectiva de oferta y demanda lo que sucede a la entrada y salida de los programas de ingeniería (número de estudiantes matriculados y graduados por cien mil habitantes), así como con respecto al nivel de competencia de los niños y jóvenes de Iberoamérica en ciencias, matemáticas y lectura. El propósito es contar con un análisis básico de prospección sobre los ingenieros que están ingresando y egresando y las capacidades en ciencias de los potenciales estudiantes de ingeniería del mañana. Las preguntas que su busca responder son:

- ¿Están ingresando a las facultades de ingeniería estudiantes en el número esperado y de calidad?
- ¿El número de ingenieros con altos estándares que se están graduando es suficiente para las necesidades de los países, sobre todo de aquellos en vías de desarrollo?

La ingeniería en cifras en algunos países iberoamericanos

El número de graduados

En la figura 2 se aprecia el número de graduados por año por cada 100.000 habitantes. Los datos de la OECD[1] se toman como referencia. En España se cuenta con un número de graduados que supera el promedio de la OECD. En contrapartida, los tres países de Iberoamérica seleccionados (Argentina, Colombia y Ecuador) presentan cifras bastante inferiores. Es de anotar que un país en vías de desarrollo debería contar con un número importante y posiblemente superior de ingenieros graduados teniendo en cuenta sus necesidades mayores de construcción de infraestructura y capacidad. El caso de Estados Unidos es particularmente interesante por el bajo número de graduaciones por año, situación que explica la relevancia que reviste este asunto en este país (OECD, 2011c), reflejada por ejemplo en un documento recientemente emitido por la Casa Blanca que clama con urgencia por un millón de profesionales STEM para garantizar la posición de este país en el mercado internacional (PCAST, 2012).

[1] OECD: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

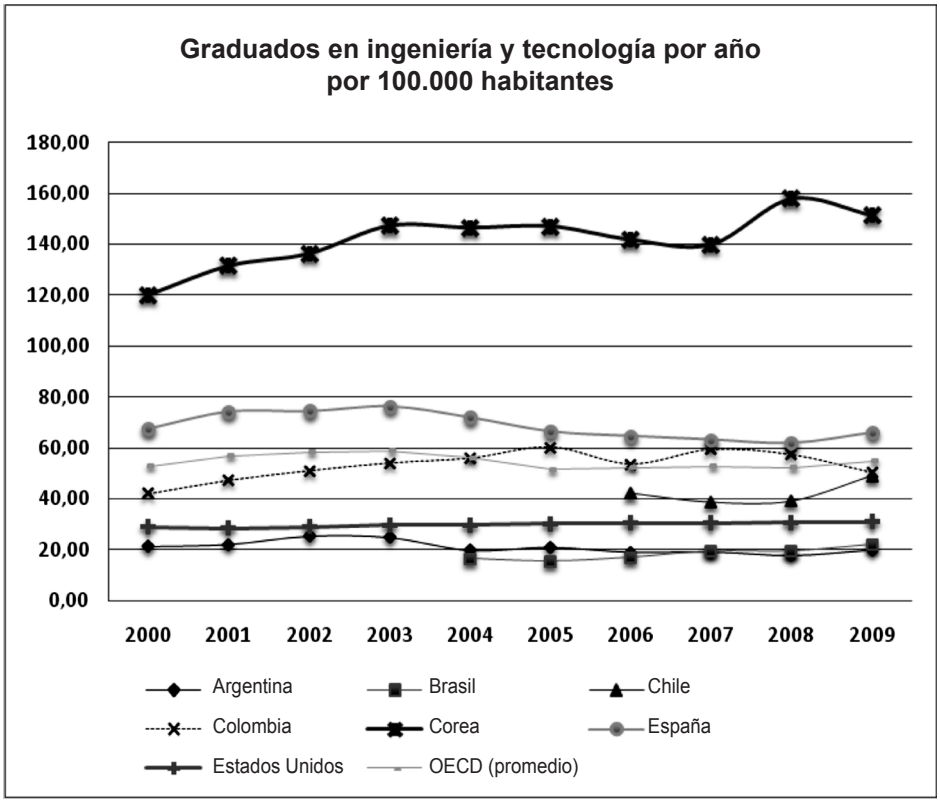

Figura 2. Graduados de ingeniería por cada 100.000 habitantes por año[2,3].

Una forma diferente de analizar la situación es examinar el porcentaje de graduados en ingeniería respecto al resto de profesiones, como se muestra en la figura 3 por medio de una serie de tiempo y en la figura 4 para un año específico.

[2] Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana RICYT. (2012). Indicadores comparativos: Títulos de grado en educación superior. Recuperado el 18 de septiembre de 2012, de RICYT: http://bd.ricyt.org/explorer.php/query/submit?excel=on&indicators[]=TITGRA&syear=1990&eyear=2009&

[3] Organisation for Economic Co-Operation and Development OECD. (2011). StatExtracts: Education and training. Graduates by field of education. Recuperado el 18 de septiembre de 2012, de OECD: http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MON20113_2

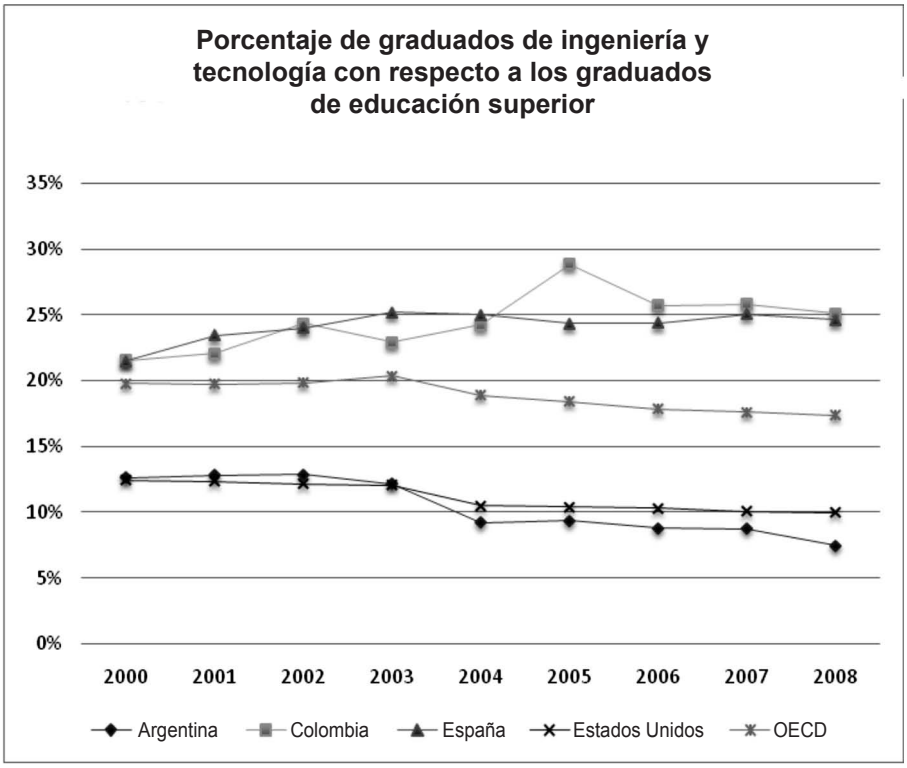

Figura 3. Porcentaje de los graduados en ingeniería y tecnología respecto al total de graduados en educación superior.
Fuente: Ricyt y OECD

En la figura 3, Colombia y España logran valores superiores a los de la OECD, pero este resultado debe examinarse con precaución para el caso colombiano en el cual el porcentaje de estudiantes que siguen con una formación profesional es inferior a los países de la OECD.

La figura 4 presenta un panorama más claro del faltante si se compara con países de crecimiento económico importante como Singapur o Corea del Sur. Claramente los países seleccionados para esta comparación de Iberoamérica logran porcentajes muy bajos en educación STEM a nivel profesional.

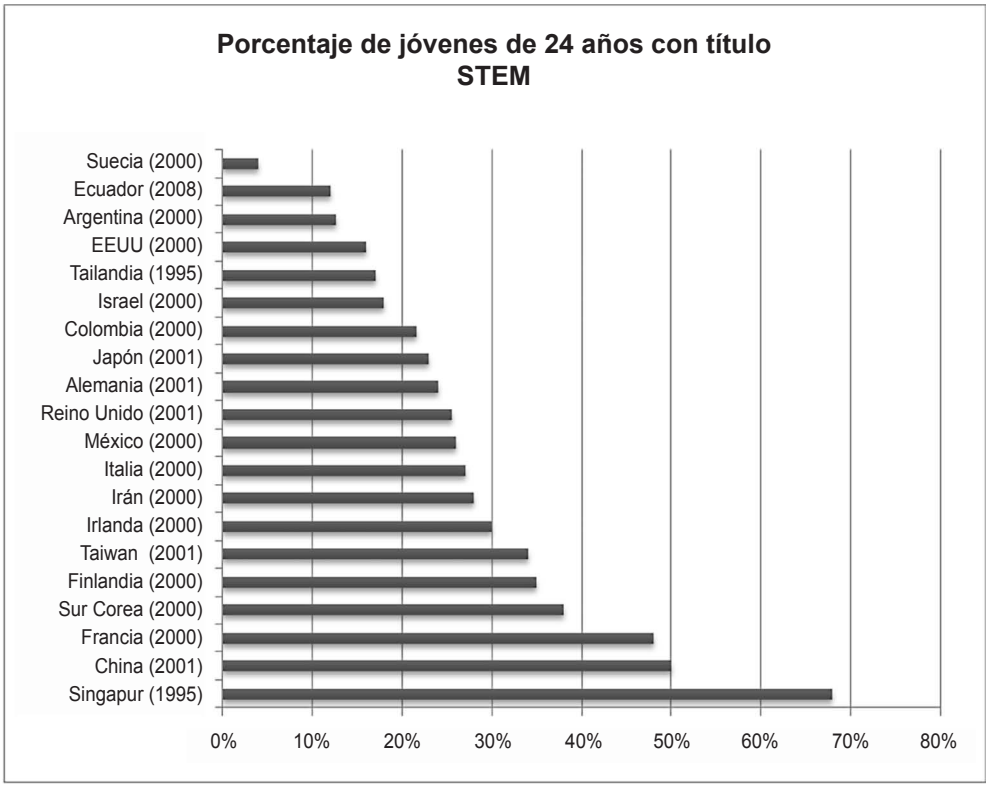

Figura 4. Porcentaje de los jóvenes de 24 años con un título universitario en STEM con relación a todos los títulos obtenidos.

Fuente: Committee on Science Engineering and Public Policy (2007, p. 99)

En la figura 5 se muestra la serie de tiempo para algunos países de Iberoamérica ilustrando una progresión que no deja de ser preocupante. Mientas los graduados en ciencias sociales vienen en aumento, la ingeniería está básicamente estancada. Se podría concluir que mientras aumenta el volumen de bachilleres que siguen educación superior, el incremento se dirige a profesiones diferentes a las de ingeniería.

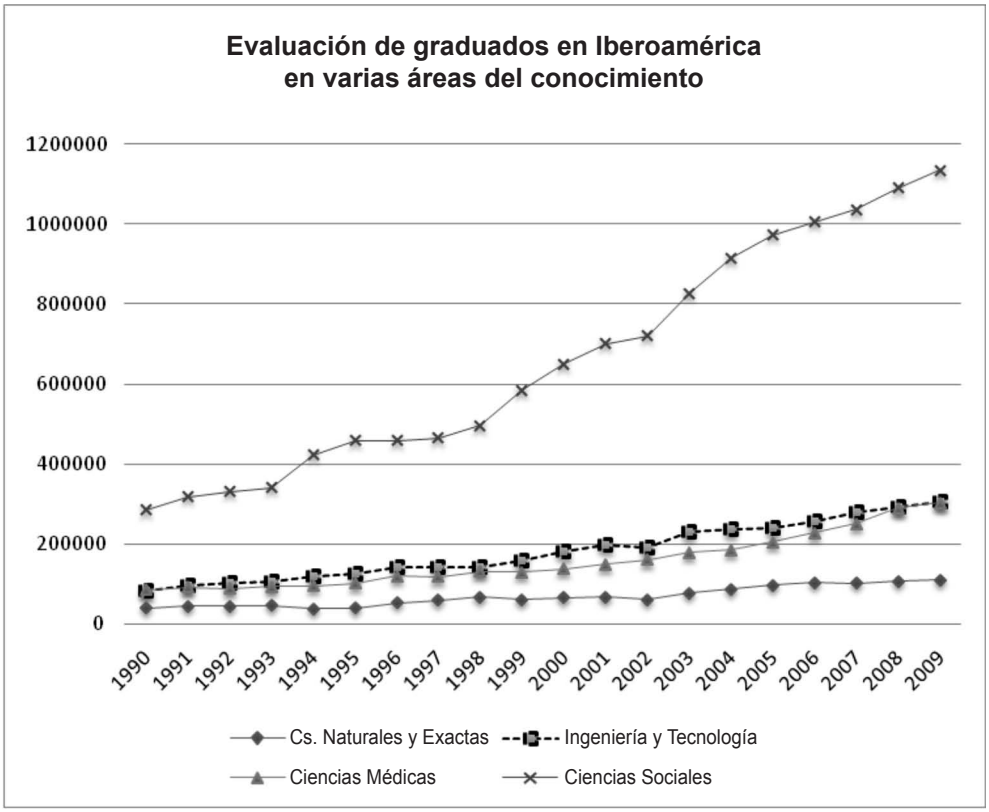

Figura 5. Evolución por área del conocimiento de graduados de universidades en Iberoamérica.
Fuente: (OEI, 2012, p. 23)

En general en Iberoamérica sólo el 16% de los estudiantes que ingresan a la educación superior escogen ingeniería y tan solo 2,7% ciencias (OEI, 2012, p. 22).

La tabla 1 presenta tanto el volumen de graduados como el crecimiento en los graduados de programas de ciencias e ingeniería en varios países en el período 2005 a 2008 para ciencias e ingeniería, con datos igualmente normalizados para cada 100.000 habitantes.

Tabla 1. Graduados de ciencias e ingeniería.

País	Grados en ciencias 2008	Aumento 2005 a 2008 (%)	Grados en ciencias por cada 100.000 habitantes	Grados en ingeniería 2008	Aumento 2005 a 2008 (%)	Grados en ingeniería por cada 100.000 habitantes	Porcentaje grados ingeniería del total de grados (%)
EEUU	190.987	1,2	63	134.351	3,5	44	5,8
México	40.464	2,1	37	56.013	9,7	51	10,3
Alemania	54.074	79,1	66	43.417	21,3	53	15,7
Holanda	7.373	-1,4	45	8.947	6,7	54	6,1
Canadá	28.372	28,0	85	18.241	9,1	55	12,7
Reino Unido	68.123	-3,0	111	45.879	11,9	75	13,0
Australia	26.567	-11,1	124	16.097	1,3	75	11,5
Francia	51.973	-20,9	81	53.781	-1,0	84	12,9
Suecia	2.969	-17,3	32	7.963	-11,9	86	5,9
Japón	28.771	1,9	23	125.934	-1,7	99	19,0
Corea	37.122	16,2	51	90.150	12,0	124	9,5
Finlandia	6.619	118,5	125	8.700	9,6	164	11,4

Fuente: (Canada's science tecchnology and innovation system, 2011)

De este grupo, Estados Unidos presenta el número más bajo, mientras Finlandia, que ya aparecía en otras gráficas con niveles altos, vuelve a puntear en la formación de ingenieros.

Según Garrido (2010), de 1.000 personas económicamente activas en China y en Corea del Sur, 25 son ingenieros y 22 en el caso de India. En cambio, en Brasil esta cifra es tan solo de 6. En 2007 los tres primeros países respectivamente formaron 400 mil, 80 mil y 300 mil nuevos ingenieros mientras en Brasil fueron 30 mil. Se estima que solamente el 10% de los estudiantes de las universidades brasileras cursan alguno de los 1.800 programas de ingeniería existentes y que el 60% de los estudiantes de ingeniería abandonan sus estudios porque no están lo suficientemente preparados en física, química y matemáticas. Adicionalmente, el 80% de los doctores en ingeniería permanecen en la academia y son muy escasos los vínculos con la industria.

El caso de los Estados Unidos es ilustrativo sobre este particular. De acuerdo con el Departamento de Trabajo, 15 de las 20 ocupaciones de mayor crecimiento requieren formación en ciencias y matemáticas para competir por un empleo. Por otra parte, la Oficina de Estadísticas Laborales afirma que los empleos profesionales en cuanto a tecnologías de la información se incrementarán en un

24% entre 2006 y 2016. En Estados Unidos, por ejemplo, en 2001 tan sólo el 8% de los títulos concebidos correspondían a carreras de ingeniería, ciencias o matemáticas (SETDA, 2008, p. 2). Si este panorama no mejora, Estados Unidos no contará con la suficiente mano de obra para suplir sus propias necesidades, con el respectivo impacto que puede tener en su competitividad en el futuro venidero. Se estima que para 2015 se necesitarán 400.000 nuevos graduados en las áreas STEM. A manera de ejemplo, entre 2003 y 2008 la inscripción a carreras del grupo de las ciencias de la computación se redujo en un 50%, y para ese último año Microsoft reportó que tan sólo el 14% de los profesionales graduados en Washington tenían las capacidades necesarias para trabajar en la empresa. Esto indica que el problema no sólo radica en el número insuficiente de profesionales STEM sino en la calidad de la formación (SETDA, 2008, p. 3).

Una situación que no sobra poner de relieve es el caso singular de Colombia que mostraba desempeños similares a Francia en la figura 3. A raíz de la desregulación del sistema de educación superior, producto de los cambios en la Constitución y en la legislación en los años 90, la libertad para crear instituciones educativas y programas promovió una expansión importante que dio como resultado la existencia de 1.237 programas y 112 especialidades, muy superior a lo indicado para Argentina y España. Las 112 especialidades buscaban, con títulos llamativos, atraer a los estudiantes a estudiar ingeniería. Posteriormente fue introducido el sistema voluntario de acreditación de alta calidad y años después, el sistema obligatorio de condiciones mínimas (registro calificado) obligatorias. Sin embargo, estos pasos fueron tardíos y el daño ya se había causado y conllevó a tener un número importante de programas y en consecuencia, de egresados de dudosa calidad.

Tabla 2. Programas y títulos en tres países[4,5,6].

PAÍS	No. Programas	No. Especialidades de Ingeniería
Argentina	303	36
Colombia	1.237	112
España	289	16

[4] Guía de carreras universitarias de Argentina. (2012). Carreras. Recuperado el 20 de septiembre de 2012, de http://ofertasgrado.siu.edu.ar/aplicacion.php?ah=505bf35f1f530&ai=ciie_ofertas||14000020

[5] Sistema Nacional de Información de la Educación Superior de Colombia SNIES. (2012). Instituciones y programas del país: Programas académicos. Recuperado el 20 de septiembre de 2012, de SNIES: http://snies.mineducacion.gov.co/ConsultaSnies/ConsultaSnies/consultarInfoProgramasAcademicos.jsp

[6] Instituto Nacional de Estadística de España INE. (2012). INE: Estadísticas de enseñanza universitaria. Número de centros donde se imparten estudios de Arquitectura e Ingeniería. Recuperado el 20 de septiembre de 2012, de INE: http://www.ine.es/jaxi/tabla.do?path=/t13/p405/a2010-2011/l0/&file=08001.px&type=pcaxis&L=0

Un último aspecto a destacar es el hecho de que en la mayoría de países de Iberoamérica, con excepción de Perú, el porcentaje de egresados de universidades privadas es mayor al de universidades públicas (ASIBEI, 2007):51-52).

Finalmente, un tema no tratado hasta ahora y el cual también despierta una profunda preocupación en términos de representatividad de los diferentes grupos de la sociedad, es el del caso de género. La siguiente gráfica ilustra la monstruosa disparidad, entre hombres y mujeres en la matrícula en ingeniería.

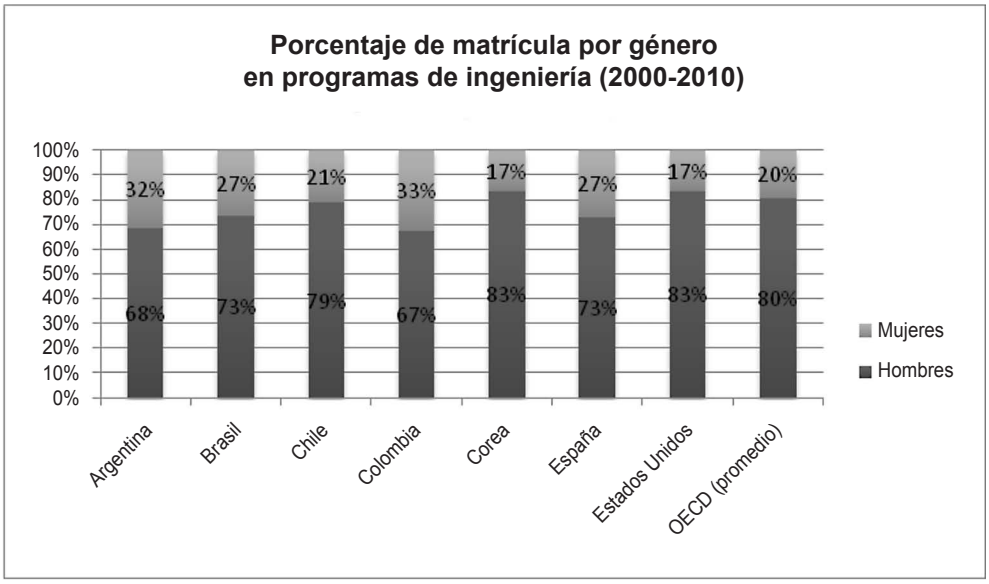

Figura 6. Porcentaje de matriculados por género en programas de ingeniería.
Fuente: UNESCO (2012). Institute for statistics: Tertiary graduates in science and technology fields. Recuperado el 28 de septiembre de 2012, de UNESCO: http://stats.uis.unesco.org/unesco/TableViewer/tableView.aspx

Evolución de la matrícula y deserción

La figura 7 ilustra la matrícula en ingeniería en relación con la matrícula en otras formaciones para varios países.

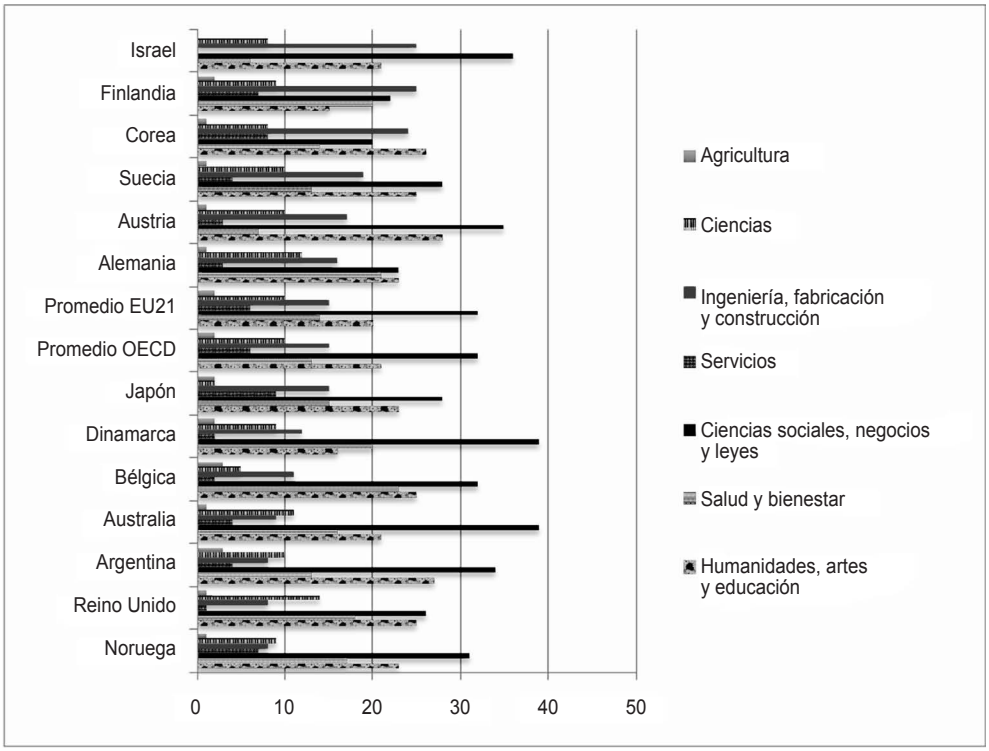

Figura 7. Matrícula en porcentaje entre las diferentes formaciones.
Fuente: http://www.keepeek.com/oecd/media/education/education-at-a-glance-2012_eag-2012-en

En esta gráfica se aprecia el porcentaje de ingenieros que entran en países como Finlandia, Israel o Corea. En general se aprecia una gran incidencia de las ciencias sociales, los negocios y las leyes que son carreras que se han vuelto atractivas.

La figura 8 muestra una evolución de la matrícula en ingeniería por cada 100.000 habitantes para varios países:

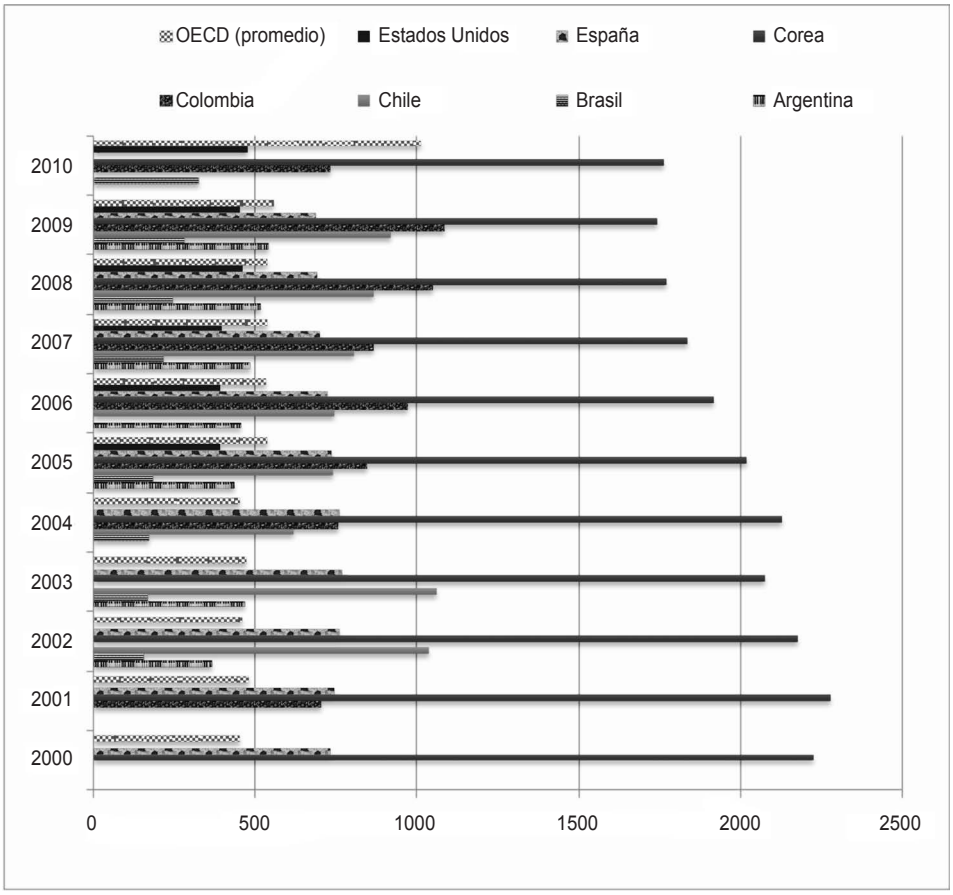

Figura 8. Matrícula de ingeniería por cada 100.000 habitantes[7,8].

En cuanto al porcentaje de instituciones de educación superior con programas de ingeniería respecto al total de cada país, la totalidad de instituciones en México ofrecen dichos programas. En Argentina, España y Perú se acercan al 55%, mientras que en Brasil, Colombia, Chile, Portugal, Venezuela y Uruguay oscilan entre el 20 y el 30%. La participación de estudiantes de ingeniería en los sistemas de educación superior corresponde aproximadamente el 30% en Colombia, España y México y 10% en Uruguay (ASIBEI, 2007):54).

---

[7] Sistema Nacional de Información de la Educación Superior de Colombia SNIES. (2012). Estadísticas: Población estudiantil. Recuperado el 19 de septiembre de 2012, de SNIES: http://www.mineducacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/w3-article-212400.html

[8] Instituto Nacional de Estadística de España INE. (2012). INE: Educación. Estadísticas de enseñanza universitaria.Recuperado el 19 de septiembre de 2012, de INE: http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft13%2Fp405&file=inebase&L=0

Es importante anotar que el porcentaje de estudiantes que finalizan sus estudios en secundaria e ingresan a alguna institución de educación superior es bastante bajo. En Colombia se estima que tan sólo el 25% de dicha población hace la transición de un sistema a otro. Sin embargo, aún es un factor que no es medido en algunos de los países iberoamericanos y que de una u otra manera está ligado con la inequidad social que se presenta en algunos de ellos. Adicionalmente, y como se observa en los resultados de la prueba PISA 2009, a excepción de España y Portugal, los países iberoamericanos no salen bien librados. Se presentan serias debilidades en lectura, matemáticas y ciencias, siendo crítico o preocupante este fenómeno en países como Argentina, Brasil, Colombia, Perú y Panamá.

Estimar la deserción es una tarea difícil, en la mayoría de los países no se encuentran modelos y bases de datos para hacerlo y no existen modelos unificados que permitan comparaciones.

Consultando el sistema de información de deserción del Ministerio de Educación de Colombia, se encuentran las cifras que se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Deserción acumulada por semestre.

Semestre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
Deserción acumulada %	20,64	31,00	38,70	43,26	46,57	49,38	51,68	53,39	54,66	56,28	60,17
Deserción por semestre %	20,64	10,36	7,70	4,56	3,31	2,81	2,30	1,71	1,27	1,62	0,26

Fuente SPADIES[9].

Esta tabla muestra que la deserción acumulada se sitúa en 60% al semestre 15 para ingeniería lo cual explica el bajo número de graduados en el sistema y parece indicar los problemas que tienen los estudiantes para tener éxito en su formación profesional, producto de una baja calidad en la educación previa. La siguiente figura muestra la deserción acumulada para varias disciplinas, donde queda en evidencia que la mayor deserción se está dando en el área disciplinar donde se encuentra ingeniería. La siguiente figura muestra la deserción acumulada por área disciplinar para el caso colombiano: ingeniería tiene los niveles más altos de deserción.

[9] DESERCIÓN ESTUDIANTIL: Abandono que realiza un estudiante de manera voluntaria o forzosa, por dos o más períodos académicos consecutivos, del programa académico en el que se matriculó. Este abandono por parte del estudiante puede ser de la institución de educación superior e inclusive, del sistema educativo.

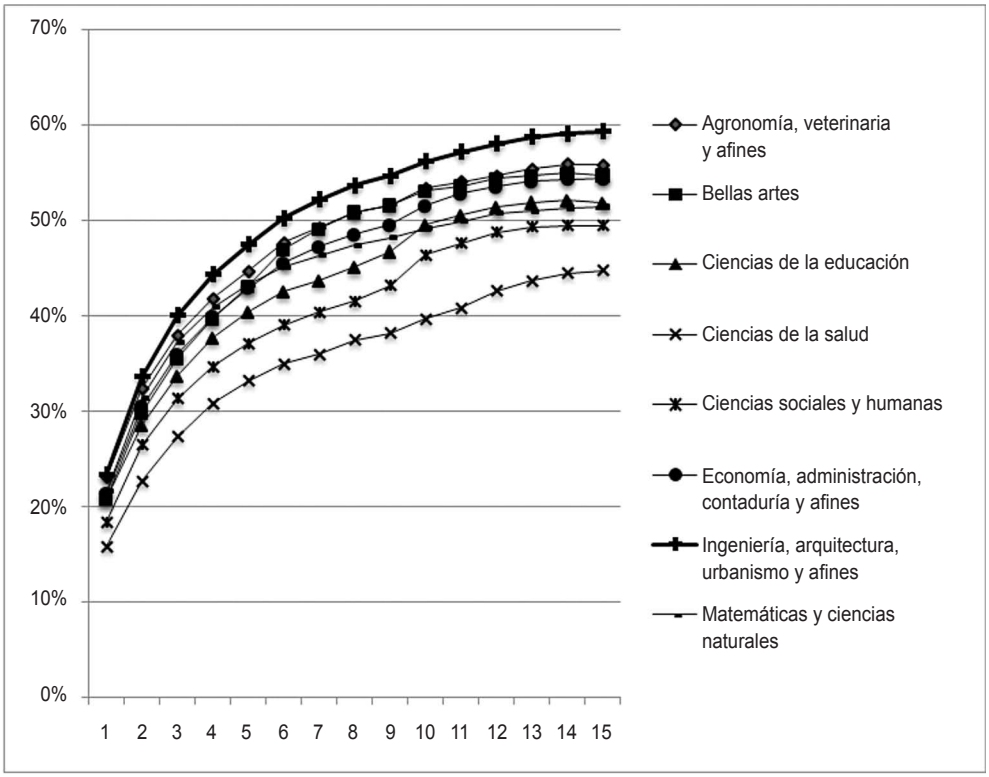

Figura 9. Deserción acumulada para las diferentes áreas disciplinares.
Fuente: Ministerio de Educación Nacional y Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico (CEDE) de la Universidad de Los Andes. Estudio sobre la Deserción en las Instituciones de Educación Superior. Fuente: Ministerio de Educación Nacional. GLOSARIO DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR. (Consulta: septiembre 29 de 2012)

La evolución de la cantidad de estudiantes en las instituciones de educación superior en Iberoamérica ha aumentado en las últimas cuatro décadas. No obstante, el porcentaje de alumnos que finalizan sus estudios es bajo en algunos países. Para 2007, en Argentina, Colombia, España y Uruguay tan sólo se lograban graduar menos del 30% de los estudiantes que ingresaban a algún programa de educación superior.

Esta situación parece tener origen en muchos factores entre los que se encuentran:

1) Bases en matemáticas y ciencias.
2) Estrategias de enseñanza en las universidades.
3) Factores económicos.

Calidad de los estudiantes que ingresan a programas de ingeniería

OECD y la prueba PISA

De acuerdo con los resultados PISA[10] 2009, se encontró que a pesar de que el PIB per cápita influye en el éxito educativo, este factor tan sólo reportó un 6% de diferencia entre el rendimiento de los estudiantes evaluados. China lideró todos los listados y superó al resto con un margen considerable, demostrando que el potencial de las políticas públicas para hacer la diferencia es enorme. Tan sólo el 3% de los estudiantes pertenecientes al área de la OCDE demostraron una suficiencia cercana a la de China. Israel, Italia y Portugal se han acercado a la media de la OCED y Brasil, Chile, México y Turquía están entre los países con los mejores avances con respecto a las evaluaciones anteriores (OECD, 2010, p. 3).

En la tabla 4 se presentan los resultados promedio obtenidos por 24 de los 65 países evaluados. Es de anotar que los puntajes más bajos son de Kyrgyzstan, que no están lejos de puntajes de muchos de los países de América Latina. En general, todos los países iberoamericanos están por debajo de la media de la OECD. Es importante destacar que tan sólo España y Portugal, de los países iberoamericanos, obtuvieron el suficiente puntaje para ubicarse en la posición media de la tabla. Uruguay, Chile y México tuvieron un desempeño aceptable y se acercan a la media de la OCDE. Argentina, Brasil, Colombia y Panamá siguen ocupando algunas de las últimas casillas, demostrando que aún hacen falta mejores políticas públicas para mejorar sus respectivos sistemas educativos. "Dichas políticas deben contribuir a la igualdad de oportunidades y a resultados equitativos para todos los estudiantes. Los países no sólo difieren en su rendimiento medio, sino también en la medida en que son capaces de cerrar la brecha entre los estudiantes con los más bajos y los más altos niveles de rendimiento. Estos resultados deberían ser relevantes para los legisladores"(OECD, 2010, p. 157).

[10] La evaluación se realiza cada 3 años y cubre las áreas de lectura, matemáticas y ciencias. No está pensado para evaluar el desempeño de los docentes ni los programas vigentes, sino que está diseñado para conocer las competencias o las habilidades, la pericia y las aptitudes de los estudiantes para analizar y resolver problemas, para manejar información y para enfrentar situaciones que se les presentarán en la vida adulta y que requerirán de tales habilidades (OECD, 2007, p. 6). En 2009 se evaluó la calidad, equidad y eficiencia de los sistemas escolares en unos 70 países, que juntos conforman el 90% de la economía mundial.

Tabla 4. Resultados de la prueba PISA 2009 para algunos de las países.

País	Lectura	Matemáticas	Ciencias
	Puntaje promedio	Puntaje promedio	Puntaje promedio
Shanghái – China	556	600	575
Corea	539	546	538
Japón	520	529	539
Canadá	524	527	529
Holanda	508	526	522
Australia	515	514	527
Alemania	497	513	520
Francia	496	497	498
Reino Unido	494	492	514
Estados Unidos	500	487	502
OCDE	492	496	501
Portugal	489	487	493
España	481	483	488
Italia	486	483	489
Federación Rusa	459	468	478
Israel	474	447	455
Uruguay	426	427	427
Chile	449	421	447
México	425	419	416
Trinidad y Tobago	416	414	410
Argentina	398	388	401
Brasil	412	386	405
Colombia	413	381	402
Perú	370	365	369
Panamá	371	360	376
Kyrgyzstan	314	331	330

Fuente: (OECD, 2010):155.

Para resolver las dificultades existentes en la formación de ingenieros, un número creciente de países vienen adelantando acciones que buscan tanto motivar a los estudiantes a seguir una carrera como ingeniero, como a prepararlos mejor para sus estudios de ingeniería. Ambas medidas pasan forzosamente por mejorar la calidad de la educación denominada STEM en los niveles anteriores al universitario.

Finalmente, este estudio relaciona los resultados contra el PIB per cápita, lo cual pone de relieve, al igual que en las pruebas PISA, que existe una correlación que no es muy alta (R^2=0.2 a 0.4 según grado y área) (UNESCO, 2008, p. 133). Este análisis igualmente revela que países con similar PIB per cápita difieren en forma importante en sus desempeños. Incluso si se examina el nivel de inversión por niño en educación, la correlación no es alta. Este resultado se confirma en las pruebas PISA, donde el país con mayor inversión por niño en educación, Estados Unidos, ocupa un modesto puesto 15, mientras Finlandia, que se encuentra en los primeros puestos, invierte bastante menos en educación por niño.

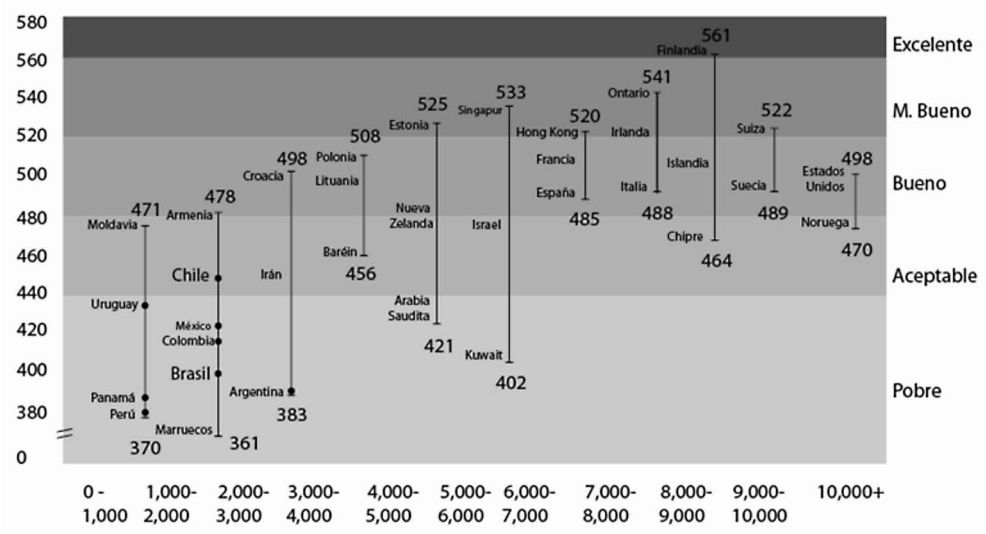

Figura 10. Gasto realizado por estudiante vs desempeño en prueba PISA 2006 y 2009.
Fuentes: Banco Mundial, Unesco, Pisa, Timss, PIRLS, McKinsey

Hace un par de años se estimaba que para el año 2010 más del 90% de los ingenieros vivirían en Asia (SETDA, 2008, p. 3) Dicha cifra no es tan exagerada como parece y hay una gran probabilidad de que ocurra a mediano plazo. De acuerdo con los resultados de la prueba PISA 2009, a pesar de que unos países demostraron un desempeño sobresaliente en matemáticas y ciencias, se evidenciaron grandes contrastes, dado que otros presentaron un gran número de estudiantes que tienen una habilidad limitada en estos dominios. El rendimiento promedio más alto en matemáticas se ha visto en cinco economías de la misma región, Shanghai-China, Singapur, Hong Kong-China, Corea y Taipei-China. Los estudiantes en Shanghai-China tuvieron un rendimiento medio de 600 puntos, equivalente a cerca de la parte superior del nivel 4. En contraste, el rendimiento medio en el país más alto, fuera de esta región, Finlandia, fue en la parte su-

perior del nivel 3, y el promedio de la OCDE fue en la parte inferior del mismo nivel. Del mismo modo, en ciencia, cinco de los de mejor desempeño fueron Shanghai-China, Hong Kong-China, Singapur, Japón y Corea. Por otro lado, en matemáticas y ciencia, los países de más bajo rendimiento fueron de hasta dos niveles de competencia por debajo de la media de la OCDE, con 11 de los países socios en matemáticas y 7 en ciencias con puntuaciones medias por debajo de 400 (OECD, 2010, p. 159).

TIMMS

Los resultados en la prueba TIMMS[11] no muestran un panorama diferente a lo ya ilustrado en la prueba PISA. En esta prueba han participado menos países iberoamericanos que en PISA.

Sin embargo, esta prueba ha sido utilizada para estudios importantes que se han centrado en los cambios de práctica de aula que se requieren para promover mejoramientos en la educación básica. En particular Stigler and Hiebert (1999) presentan un estudio con intensas observaciones de clase que le permiten llegar a la conclusión, comparando a Estados Unidos con Alemania y Japón, que buena parte de los recursos invertidos en el primer país para mejorar la educación básica y media han sido un fracaso, incluso llegando a desmejorar los resultados educativos.

No es el objeto de este documento entrar en las razones, pero vale la pena indicar que lo que parece no funcionar en ningún nivel es el desarrollo profesional de docentes centrados en teorías y discursos pedagógicos de corte genérico en lugar de formar a los docentes en el conocimiento didáctico para enseñar contenidos específicos, aspecto que sólo pueden abordar de forma apropiada quienes son profesionales de lo que enseñan y en su didáctica (Celis & Duque, 2011; Duque, Celis, & Camacho, 2011; Duque, Celis, & Celis, 2011; Shulman, 1987).

La siguiente tabla ilustra la situación en las pruebas TIMMS, donde los dos países participantes por Latinoamérica aparecen con puntajes considerablemente más bajos que el resto de países utilizados como referencia:

[11] TIMMS: Trends in International Mathematics and Science Study. Evalúa ciencias y matemática.

Tabla 5. Resultados de la prueba TIMMS para algunos países.

País	Ciencias	Matemáticas
Colombia (2007)	417	380
Chile (1999)	420	392
Corea (2007)	515	496
OECD (2007)	517	503
EEUU (2007)	520	508
Finlandia (2007)	535	520
Japón (2007)	550	579

Fuente: Trends in International Mathematics and Science Study TIMSS. (2012). International Reports in Mathematics and Science. Recuperado el 22 de septiembre de 2012, de TIMSS: http://timss.bc.edu/

Latinoamérica y la prueba SERCE

En cuanto a la prueba Serce[12], los resultados no se diferencian sustancialmente de los resultados de PISA para los países participantes para sexto grado (UNESCO & LLECE, 2008):

1. En matemáticas los mejores resultados en promedio se dan en Cuba, pero este país tiene a su vez la mayor desviación estándar del continente, lo cual muestra un sistema con una gran variabilidad en calidad[13].
2. Con resultados sobre la media de la región en menos de una desviación estándar se encuentran Chile, Argentina, Costa Rica, México y Uruguay.
3. Los países que se encuentran en el promedio de la región son Perú, Brasil y Colombia.
4. Países por debajo del promedio con menos de una desviación estándar se encuentran Guatemala, Ecuador, El Salvador, Nicaragua, Panamá, Paraguay y República Dominicana.

[12] Segundo estudio regional comparativo y explicativo. En particular, en esta prueba no han participado todos los países de las tres pruebas (lenguaje, matemáticas y ciencias. Sólo el Estado de Nuevo León en México, Cuba, República Dominicana, el Salvador, Panamá, Colombia, Perú, Paraguay, Uruguay y Argentina tomaron las tres pruebas. En contrapartida Venezuela, Haití, Bolivia, Guyana y Honduras no participaron en ninguna prueba. El resto de países participaron en lenguaje y matemáticas.

[13] Es de anotar que países como Finlandia o Singapur, que se encuentran en los puestos más altos de la prueba PISA, presentan varianzas muy pequeñas, lo que muestra un sistema que uniformemente tiene alta calidad. En el caso latinoamericano, las brechas son claras y los países que logran mejorar el promedio lo hacen formando una élite, lo cual produce una mayor dispersión en los resultados. En general, en América Latina, los países con bajos puntajes tienen baja desviación, mientras los países con mejores resultados promedio tienen mayor desviación.

Un examen de los resultados en ciencias muestran un panorama similar:

1. Nuevamente Cuba se encuentra por encima del promedio con más de una desviación estándar, pero igualmente es el país con mayor dispersión en calidad.
2. Países sobre el promedio en menos de una desviación estándar son Uruguay y el Estado de Nuevo León en México.
3. En el promedio se encuentra Colombia.
4. Por debajo del promedio, con menos de una desviación estándar, se encuentra Argentina, El Salvador, Panamá, Paraguay, Perú y república Dominicana.
5. El resto de países no participaron en la prueba de ciencias de SERCE.

Resumen del capítulo

Los datos presentados muestran una situación diversa en cuanto al nivel de "producción" de ingenieros en diferentes sistemas. En general resulta complejo encontrar cifras consolidadas para todos los países con los mismos criterios, lo que obliga a realizar comparaciones con diferentes países para cada indicador. Sin embargo, a pesar de estas limitaciones resulta claro que las economías de rápido crecimiento, por ejemplo las asiáticas, exhiben una producción de ingenieros considerablemente mayor que los promedios de la OECD.

Estados Unidos, siendo un país con una capacidad muy grande de producir tecnología, avizora dificultades en el horizonte que se explican a partir de las cifras mostradas. Los países de Iberoamérica examinados, salvo España, presentan cifras preocupantes. Contrasta la gran preocupación que tiene el tema en Estados Unidos con el aparente desinterés que el tema produce en las facultades de ingeniería de Iberoamérica, donde las acciones, si existen, no son visibles.

El atractivo de una formación en ingeniería y ciencias: la percepción de los jóvenes en Iberoamérica

Frente al panorama de creciente necesidad de profesiones de corte STEM (demanda) parecería que el interés de los estudiantes por seguir una carrera de este tipo es muy baja (Polino, 2011). Menos del 20% de los 9.000 jóvenes entrevistados en este estudio en el marco Iberoamericano mencionan la ingeniería y tan sólo 2.7% mencionan las ciencias exactas y naturales. Igualmente se indica que tan sólo el 10% de los entrevistados expresan interés por una carrera científica. En reiteradas oportunidades, durante los últimos años, las instituciones científicas y educativas de Iberoamérica –siguiendo una tendencia de alcance internacional– han señalado la importancia de aumentar el porcentaje de jóvenes que optan por una formación científica o técnica al finalizar la educación media o secundaria. El nivel de logro para esta meta estipula que para el año 2015 esta proporción de estudiantes debería aumentar en un diez por ciento y duplicarse para el año 2021(OEI, 2012, p. 22). En este contexto, este capítulo busca responder a las preguntas: ¿La ingeniería es cada vez más vista como una profesión de altísima reputación e impacto social que atrae cada vez más estudiantes? ¿O está sucediendo lo contrario? ¿Puede la ingeniería convertirse en una profesión de segunda?

Las expectativas profesionales de los jóvenes en Iberoamérica: ¿Qué tan atractivas son la ciencia y la ingeniería como profesión?

A pesar de que hay un consenso cada vez más generalizado sobre el papel que desempeñan las carreras en ingeniería y ciencias en el crecimiento económico y la prosperidad social de los países, las expectativas de los jóvenes que se gradúan de la educación media o secundaria en Iberoamérica parecen no estar en concordancia con dicho consenso, como parece igualmente ser el caso de países

desarrollados. Pero más complejo aún es encontrar que los jóvenes en general tienen una valoración positiva sobre los científicos (*pasión por la investigación, capacidades de pensamiento lógico y racional, mente abierta para el estímulo de nuevas ideas*) y consideran que la profesión científica es prestigiosa, y a pesar de ello no encuentran atractivo continuar estudios superiores en carreras científicas (Celis, 2011; Polino, 2011). Este desencuentro entre la realidad objetiva, la ingeniería y la ciencia y el desarrollo económico, y las expectativas subjetivas, la profesión que aspiran seguir los jóvenes en su vida postcolegio, se traduce en un hecho incuestionable: la escasez de profesionales en ingeniería y ciencias en el futuro venidero y, en consecuencia, la reducción en la consecución de las metas económicas y sociales trazadas por los países tal como se ha señalado a lo largo de este trabajo. Esta situación, que se ha venido agudizando en las últimas décadas no sólo en Iberoamérica sino en Europa y Estados Unidos (PCAST, 2012), ha conducido a que se adelanten estudios tendientes a identificar las razones que esgrimen los jóvenes para no percibir la ingeniería y la ciencia como profesiones atractivas con miras a adoptar políticas públicas que promuevan en los jóvenes un interés por ellas. Este fenómeno del desinterés de los jóvenes no sólo puede ser analizado desde la perspectiva de escasez de recursos humanos sino sobre la calidad del estudiante que está ingresando a las facultades de ciencias e ingeniería: ¿Los mejores bachilleres están optando por las carreras en ciencias e ingeniería? ¿Qué tipo de carreras está estudiando la élite académica en Iberoamérica? No sobra advertir que varios estudios han señalado que la calidad del estudiante afecta la calidad de educación en los programas de ingeniería (Duque, Celis, & Camacho, 2011).

Con base en unos estudios sobre las valoraciones de la ciencia y las carreras científicas que tienen los ciudadanos y los jóvenes de la educación media en algunas ciudades de Iberoamérica (Celis, 2011; Polino, 2011; Polino, Chiappe, & Massarani, 2010), se hace una descripción de los principales hallazgos reportados con el ánimo de que las facultades de ingeniería conozcan aquello que piensan los ciudadanos en general y los jóvenes en particular sobre la ciencia y las carreras en ciencias e ingeniería y la importancia que tiene repensar curricular y pedagógicamente el nivel medio desde los principios que regulan la educación en STEM, buscando no sólo incrementar el número de jóvenes que continuarán estudios superiores en las áreas de ciencias e ingeniería sino en la formación de las próximas generaciones de ciudadanos que requieren de manera inexorable de los conocimientos de estas áreas para poder participar de manera creativa y responsable en las decisiones que se adopten en beneficio de la sociedad (ver capítulo V).

En términos generales, casi la mitad de los ciudadanos de Iberoamérica consideran que las carreras científicas son atractivas para los jóvenes y al mismo

tiempo estas carreras otorgan altos niveles de satisfacción a quienes las ejercen. Hay una valoración positiva por parte de la ciudadanía sobre la ciencia como profesión y los réditos y reconocimientos personales que ella genera. Pero al analizar las percepciones según rango de edad, la población entre 16-21 años, aquella en la cual se encuentran los potenciales científicos del mañana, es la que menos atracción tiene por tales carreras mientras que las poblaciones con más edad tienden a tener una valoración mucho más positiva. Las valoraciones también varían según el grado de escolaridad. Aquellos encuestados con mayor grado de escolaridad tienen una valoración más positiva sobre las carreras científicas para los jóvenes en contraste con aquellos que tienen menor escolaridad y se encuentra que el grado de escolaridad tiene una relación con el consumo de información (a mayor grado de escolaridad mayor consumo de información), el cual a su vez tiene un efecto sobre las percepciones relacionadas con los niveles de satisfacción al desempeñar una carrera científica: los ciudadanos con mayores niveles de escolaridad e información tienen una alta valoración sobre las carreras científicas indudablemente. Estos niveles de satisfacción se explican en parte porque los ciudadanos consideran que la remuneración salarial es adecuada para las actividades adelantadas por los científicos. Pero nuevamente aparece un contraste en las percepciones según edad y grado de escolaridad. Los ciudadanos entre los 55-64 años y 65 años en adelante y con educación superior están en desacuerdo con la remuneración otorgada a los científicos mientras que los jóvenes entre 16-21 años afirman que *los científicos tienen buenos sueldos* (Polino et al., 2010).

Edad y escolaridad resultan ser dos factores explicativos relacionados con las valoraciones sobre el atractivo y la satisfacción de las carreras científicas y en tal caso, los ciudadanos jóvenes quienes por obvias razones no tienen un grado de escolaridad superior al secundario y el consumo de información no es alto, no perciben las carreras científicas como un asunto llamativo para su futuro laboral, aunque creen que las remuneraciones salariales son adecuadas. Al respecto, cabe preguntarse: ¿Por qué los jóvenes no tienen unas expectativas subjetivas lo suficientemente significativas para perseguir una carrera científica o no valoran la ciencia como un destino laboral atractivo, a pesar de considerar que es una profesión con salarios adecuados?

Una respuesta factible es que los jóvenes no tienen información adecuada para decidir sobre su vida después de egresar de la media. En el caso colombiano, por ejemplo, se ha mostrado que la carencia de una orientación vocacional en la cual los estudiantes reconozcan sus capacidades y cuenten con información sobre las oportunidades educativas tanto a nivel postsecundario como universitario (Gómez, Diaz, & Celis, 2008), ha llevado a que los estudiantes se inclinen por ciertas profesiones en detrimento de otras (derecho o leyes es la máxima

manifestación) o sean impelidos a optar por oficios de bajo nivel intelectual, sobre todo los jóvenes provenientes de segmentos pobres, a quienes sus capacidades académicas no les permiten ingresar a la educación pública (Díaz & Celis, 2010). Esta posición puede ser reforzada por Polino (2011) al señalar que los jóvenes que tienen mayor consumo de información tienden a seguir una carrera científica. Pareciera entonces que la información es un factor fundamental a la hora de orientar a los jóvenes hacia una profesión determinada. Ahora bien, sin importar la disponibilidad y la calidad de información a la que puedan acceder los jóvenes, ellos prefieren estudiar ingeniería antes que ciencias, medicina o ser profesor. Esta preferencia es más acentuada en los hombres que en las mujeres y en los jóvenes provenientes de hogares con un capital económico sobresaliente (Polino, 2011).

Una segunda respuesta es apelar al contexto educativo en el cual no sólo se desarrollan unas competencias o habilidades académicas sino que se configuran unas percepciones sobre las profesiones. En el caso de los jóvenes que tienen una alta valoración sobre las asignaturas o materias en ciencias (física, química, matemáticas) que son impartidas durante su proceso de escolarización en la educación media, muestran una marcada preferencia a seleccionar una carrera científica. En contraste, los jóvenes que consideran estas asignaturas *complicadas*, *aburridas* y *descontextualizadas* con respecto a sus expectativas, tienen altas probabilidades de optar por otras áreas de conocimiento (Polino, 2011). Es interesante citar las percepciones sobre las mediaciones pedagógicas utilizadas en las asignaturas de ciencias:

- "Cuatro de cada diez [jóvenes] manifestó que nunca o casi nunca se utilizan laboratorios o se hacen experimentos.
- Seis de cada diez dijo que nunca o casi nunca se utiliza una biblioteca.
- La mitad dijo que nunca o casi nunca se utilizan computadoras o miran películas.
- Seis de cada diez dijo que nunca o casi nunca se preparan trabajos para ferias u olimpíadas científicas.
- Siete de cada diez señaló que nunca o casi nunca realizan viajes de estudios, visitas a laboratorios o instituciones científicas" (Polino, 2011, p. 133).

Aunque Polino (2011) afirma que no es concluyente mencionar que las prácticas pedagógicas y las percepciones sobre los jóvenes en las asignaturas en ciencias expliquen la falta de interés en las carreras científicas, es indudable la responsabilidad que tienen las facultades de ingeniería en la revisión de las

prácticas pedagógicas utilizadas en la educación media. La cuestión no es sólo por escasez de recursos humanos en ciencias e ingeniería sino por la calidad del estudiante que pueden estar recibiendo los programas en ingeniería y la urgencia de formar unos ciudadanos que están inmersos en una sociedad marcada por los avances en ciencias e ingeniería.

En OEI (2012, p. 92) se presentan los datos recolectados a partir de una encuesta promovida por el observatorio-OEI que se resume en la siguiente figura y que ilustra los factores más relevantes por los cuales los jóvenes no optan por una carrera de corte científico:

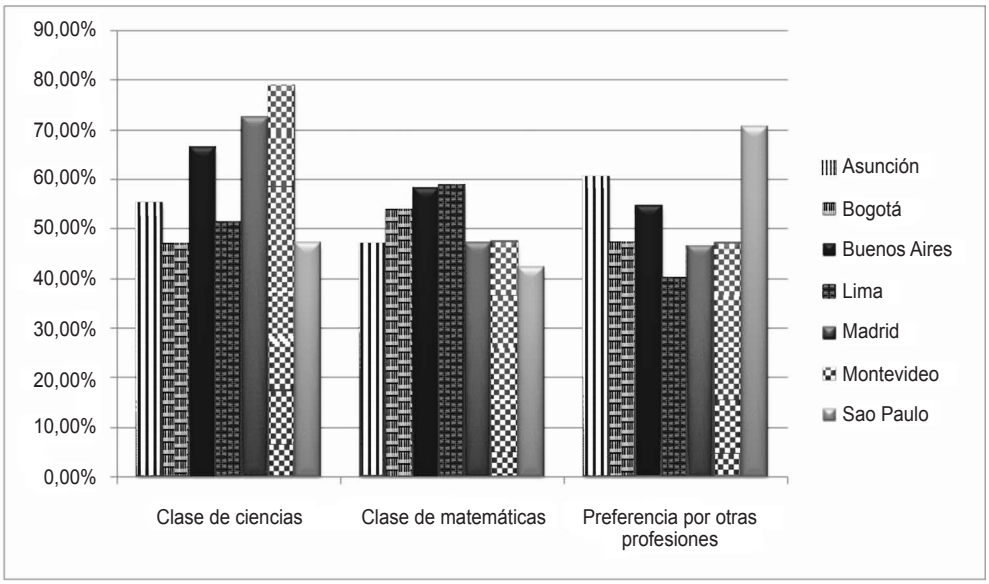

Figura 11. Factores que desalientan a los jóvenes para seguir una profesión científica.
Fuente: OEI (2012, p. 92)

Resulta notorio el peso que tienen el atractivo y calidad de las clases de ciencias y matemáticas en estas decisiones, aspecto que no es sorprendente, pues estudiantes con bajas experiencias en ciencias o matemáticas prefieren evitar profesiones con fuerte contenido de estas dos áreas, como sucede en ingeniería. A su vez, un examen de los estudiantes por seguir una carrera de ingeniería respecto a otras profesiones de corte científico revela:

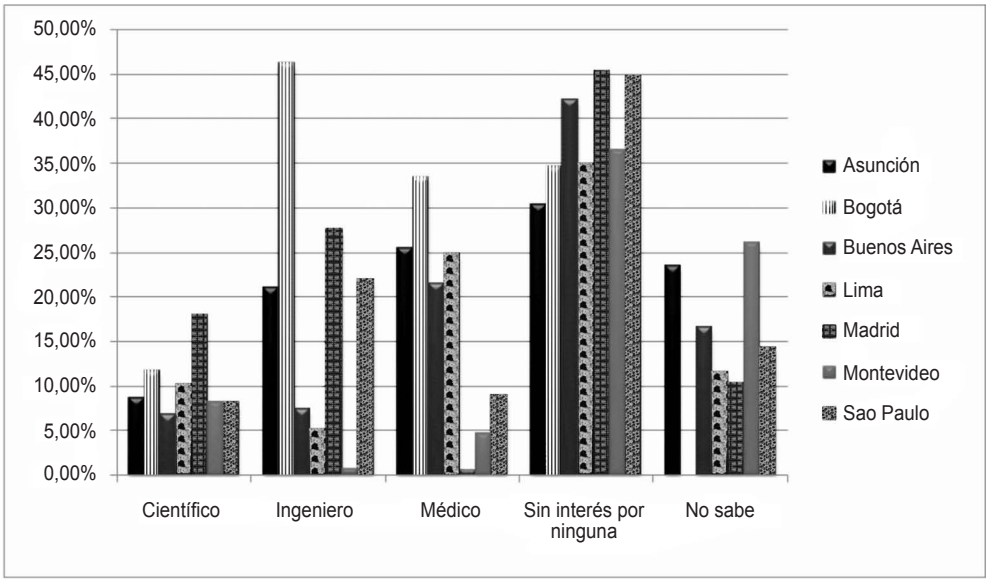

Figura 12. Interés de los estudiantes por profesiones científico-tecnológicas.
Fuente: OEI (2012, p. 91)

Cuando se examina el interés por género, en general se encuentra que las mujeres prefieren carreras diferentes a las relacionadas con ingeniería, que por ejemplo para países de la OECD el porcentaje de mujeres interesadas en ingeniería es menos de la mitad del porcentaje de los hombres (OECD, 2011a, p. 75).

La formación de ingenieros para la sociedad del siglo XXI

En este capítulo se busca realizar un primer examen de algunos datos e indicadores que permitan esbozar posibles respuestas a las preguntas: ¿Están las formaciones de ingenieros en Iberoamérica en el estado del arte? ¿Son atractivas? ¿Están formando en las competencias requeridas en el Siglo XXI?

EDUCING (2010, p. 2) evoca a la Segunda Conferencia Internacional de Educación en Ingeniería para el Desarrollo Sostenible. Dicho evento cerró sus sesiones con su Declaración de Barcelona, en cuyo Preámbulo se afirma que:

> *Vivimos en un mundo cada vez más complejo y nos encontramos en una encrucijada crítica en que la humanidad debe tomar importantes decisiones sobre el futuro. Nuestro actual modelo de desarrollo plantea grandes desafíos cuando se trata de alcanzar una sociedad más justa basada en el respeto por la naturaleza y los derechos humanos. (…) Ignorar esta realidad al educar a futuros ciudadanos, y además, futuros profesionales, podría tener graves consecuencias. Es innegable que el mundo y sus culturas necesitan un tipo diferente de ingeniero que tenga un enfoque sistémico a largo plazo respecto a la toma de decisiones, guiado por la ética, la justicia, la igualdad y la solidaridad, y que tenga un conocimiento holístico que vaya más allá de su propio campo de especialización. (…) La ingeniería ha respondido a las necesidades de la sociedad, y sin duda, la sociedad actual requiere una nueva clase de ingenieros e ingenieras*.

Continúa la Declaración con una descripción pormenorizada de las capacidades que deben tener los actuales ingenieros e ingenieras y el reto que esto supone para las instituciones de educación en ingeniería, que se ven obligadas a revisar, entre otros, los siguientes aspectos del proceso educativo:

> *la coherencia entre todas las etapas educativas, el contenido de los cursos, las estrategias docentes, las técnicas de enseñanza y aprendizaje, los métodos de investiga-*

ción, la formación de los formadores, las técnicas de evaluación, la participación de entidades externas en el desarrollo y evaluación del plan de estudios, los sistemas de control de la calidad.

La Declaración concluye afirmando que las universidades tienen la oportunidad (la obligación, diríamos nosotros) de reorientar sus funciones tradicionales, generando ideas alternativas y nuevos conocimientos, y de comprometerse a responder de modo creativo a los problemas sociales.

Una respuesta sustentada en evidencias sólo podrá obtenerse a partir de un estudio más profundo que analice la pertinencia de objetivos y estrategias educacionales frente a las necesidades de la sociedad en este nuevo siglo en una aproximación prospectiva. Estudios anteriores se han concentrado en caracterizar las formaciones ofrecidas en Iberoamérica en términos de estructura general, áreas de conocimiento, legislación, naturaleza de las instituciones, matrícula, duración y bloques generales (ASIBEI, 2005, 2007).

Los objetivos de la formación de ingenieros para el siglo XXI

La formación de ingenieros para el siglo XXI despierta una reflexión que está en aumento. Sin duda el contexto está cambiando al paso de la globalización y del desarrollo de una sociedad basada en el conocimiento. Múltiples y crecientes son los trabajos que se orientan a tratar de definir qué se requiere en la formación de ingenieros a partir de una mirada prospectiva de los que serán los requerimientos para la ingeniería en este siglo. Ya, cuando apenas empezaba este siglo, aparecieron dos publicaciones que han sido tomadas de referentes en varios países y que fueron propuestas por la Academia Norteamericana de Ingeniería (National Research Council & National Academy of Engineering, 2003). En este primer trabajo se reconoce la importancia de un conjunto de habilidades y competencias que, al mismo tiempo que trabajan los conocimientos tradicionales, deben incluirse en las metas educativas y que corresponden a lo que se han denominado competencias transversales profesionales: habilidad para el análisis, creatividad, profesionalismo y liderazgo. Estos hallazgos a su vez han suscitado reflexiones sobre cómo formar a los ingenieros de este siglo (National Research Council & Committee on Engineer of 2020, 2005) en donde se examina de una forma integral lo que implica un proceso educativo de este tipo, reconociendo, por ejemplo, la urgencia de intervenir para mejorar toda la cadena de formación desde la primaria en lo que se ha denominado educación STEM. Pero no sólo la academia de ingeniería de Estados Unidos se ha preocupado sobre el tema. Un creciente número de documentos presentan inquietudes en la misma dirección (University of Colorado, 2003) no solamente en Estados

Unidos (The Royal Academy of Engineering, 2007). Incluso países Latinoamericanos han trabajado en esta dirección (Albeniz, 2007; CONFEDI, 2010a, 2010b; CONFEDI & AUDEAS, 2010).

Definir qué deben saber y saber hacer los ingenieros y con un carácter prospectivo, supone examinar la vigencia de los sistemas de formación de ingenieros. La tradicional lista de cursos o de contenidos no representan un marco apropiado para analizar la calidad de un programa como tampoco lo son los insumos que se colocan en la formación que tienden a sobrevalorarse en los criterios de acreditación en algunos países de la región. Sin un referente claro sobre las competencias que requiere un ingeniero no es posible responder a la pregunta sobre la calidad y, en consecuencia, la pertinencia de la formación de los ingenieros.

En este sentido existen pocos referentes internacionalmente reconocidos:

- ABET (ABET, 2011)
- CDIO (CDIO, 2010)
- TUNING AHELO (OECD, 2009)
- RIACES

ABET

ABET es la organización encargada de acreditar los programas de ingeniería en Estados Unidos. Hasta el año 2000 los criterios de ABET se focalizaron a un modelo de calidad por insumos con algunos elementos de proceso (ver ABET (2009). A partir del 2000 esta organización dio un giro de gran magnitud al cambiar radicalmente su modelo para centrarse en las habilidades que todo ingeniero debe tener, en la forma de promover estas habilidades y en la forma de medir el logro de las mismas. Un examen de los criterios ABET (2011) permite detectar el cambio de paradigma y la inclusión de capacidades, destrezas y habilidades que tradicionalmente no aparecían y siguen sin aparecer en muchos programas de ingeniería y que no se pueden desarrollar desde la perspectiva de contenidos y asignaturas típica de los sistemas de educación del Siglo XX.

ABET a su vez ha sido reconocido como un referente, lo que ha llevado a firmar acuerdos de equivalencia entre sistemas de acreditación en varios países del mundo, los cuales se concentran en cuatro acuerdos suscritos por varios países[14]:

[14] http://main.abet.org/aps/Accreditedprogramsearch.aspx, consultado el 29 de septiembre de 2012.

- Acuerdo de Washington (Programas de ingeniería a nivel de pregrado en EEUU): Australia, Canadá, China Taipéi, Hong Kong, Irlanda, Japón, Corea, Malaysia, Nueva Zelandia, Singapur, SurÁfrica, Turquía, reino Unido y EEUU.
- Acuerdo Ney (Programas tecnológicos a nivel de pregrado en EEUU).
- Acuerdo de Seúl (Programas de computación a nivel de pregrado en EEUU).
- Acuerdo Bilateral con Canadá (Programas de ingeniería a nivel de pregrado en EEUU).

La siguiente tabla relaciona algunas de las universidades con acreditación ABET en los países iberoamericanos.

Tabla 6. Instituciones de Iberoamérica con programas acreditados.

País	Institución
Chile	Pontificia Universidad Católica de Chile
Colombia	Universidad del Norte Universidad de los Andes
México	Universidad Autónoma de Aguascalientes Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM) ITESM, Campus San Luis Potosí ITESM, Campus Chihuahua ITESM, Campus Estado de México ITESM, Monterrey ITESM, Querétaro Campus Universidad Autónoma de Nuevo León Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP)
Perú	Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) TECSUP, Arequipa TECSUP, Lima Universidad de San Martín de Porres (USMP - Perú) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC, Perú) Universidad Tecnológica del Perú (UTP)
España	IQS School of Engineering. Universitat Ramon Llull Universidad Politécnica de Madrid

Fuente: www.abet.org

CDIO

Conceive, Design, Implement and Opérate (CDIO) es una iniciativa que surge de universidades de Estados Unidos en asocio con algunas universidades europeas y que se ha ido extendiendo a universidades de otros países. En Crawley, Malmqvist, Lucas, and Brouder (2011) se pueden examinar los objetivos educativos en la formación de ingenieros. Nuevamente, un examen que no requiere

gran profundidad muestra la imposibilidad de lograr estas metas educativas a partir de una aproximación de conferencias sobre contenidos en el marco de cursos "tradicionales". Se requieren sin duda nuevas formas de aproximarse al conocimiento y al proceso de enseñanza-aprendizaje.

Tabla 7. Instituciones asociadas a CDIO.

País	Institución
Colombia	Pontificia Universidad Javeriana Universidad ICESI Universidad Nacional de Colombia
Chile	Universidad Católica de la Santísima Concepción Universidad de Chile Universidad de Santiago de Chile
España	Universitat Politècnica de Catalunya (Telecom BCN)

Fuente: www.cdio.org

Tuning-AHELO

La OECD ha venido promoviendo la realización de evaluaciones internacionales que conjuntamente con la recolección de información sobre factores asociados han permitido aumentar la comprensión sobre los niveles que logran los sistemas educativos de los países del mundo, así como la identificación de factores asociados a los resultados. Estos datos han sido procesados en estudios que permiten ver con cada vez más detalle dónde están los problemas y qué es lo que las evidencias indican que debería hacerse (Mourshed, Chijioke, & Barber, 2010; OECD & McKinsey & Company, 2007).

Desde hace unos años, una iniciativa similar comienza a abrirse camino en educación superior. Primero el proyecto Tuning Europe[15] buscó identificar competencias profesionales requeridas para el desempeño adecuado. Luego AHELO (Assessment of higher education learning outcomes) nace con la idea de diseñar y validar instrumentos para evaluar las competencias de los estudiantes en el nivel terciario, cercanos a graduarse. Esta evaluación, en particular, toma dos componentes, una de competencias genéricas y otra de competencias profesionales. En particular en ingeniería se definen algunas competencias a evaluar (OECD, 2009) que se concretaron en 2012 con un primer instrumento para ingeniería civil.

[15] http://www.unideusto.org/tuning/

La docencia de calidad y el desarrollo académico de los profesores

A partir de investigaciones recientes, se identifican elementos que caracterizan y están presentes en una docencia de calidad. En cuanto a los profesores se encuentra que éstos deben tener las siguientes características (Albert et al., 2000; Grossman, Hammerness, & McDonald, 2009; Healey, 2000; Kreber, 2000; Nicholls, 2002; Shulman, 1987, 2005; Viiri, 2003)

1. Comprensión disciplinar, esto es, del objeto de estudio, de lo que se espera enseñar.
2. Conocimiento adicional del objeto de estudio necesario para poder enseñarlo, relacionado con visiones de la disciplina, su historia, su conexión con otras.
3. Conocimiento pedagógico sobre lo que se enseña (PCK[16]) (Shulman, 1986) o el sello pedagógico de la disciplina (Kreber & Castleden, 2009):
    a) Creencias y concepciones que tienen los estudiantes sobre el tema objeto de estudio, así como dificultades de los estudiantes sobre lo que se enseña.
    b) Estrategias efectivas que le facilitan a los estudiantes comprender los conceptos y desarrollar habilidades de pensamiento superiores y metacognición.
    c) Empleo de apoyos tecnológicos para potenciar los procesos de aprendizaje.
    d) Estrategias para monitorear y evaluar el progreso del estudiante en la temática y fortalecer los procesos de evaluación del y para el aprendizaje.
    e) Modelos sobre cómo aprenden los estudiantes la disciplina.
4. Conocimiento curricular: conocer dónde se encuentra inserta la respectiva asignatura y cuál es su propósito curricular.

También resulta fundamental que el profesor tenga una comprensión de teorías generales sobre el aprendizaje humano. Esta comprensión es importante (Viiri, 2003), pues le permite al profesor un mayor entendimiento y capacidad de análisis de las diferentes estrategias específicas propuestas en el marco del PCK.

De igual manera, en el reconocimiento de atributos adicionales a los cognitivos, se hace referencia a valores profesionales tales como (Nicholls, 2002):

[16] PCK: pedagogical content knowledge.

1. Compromiso con altos logros en enseñanza.
2. Respeto por los estudiantes y por su desarrollo y "empoderamiento".
3. Compromiso con el desarrollo de comunidades de aprendizaje de estudiantes y profesores.
4. Compromiso con una reflexión continua y evaluación alrededor de la práctica de enseñanza y su correspondiente mejoramiento.

En el Pew National Fellowship Program for Carnegie Scholars en los Estados Unidos (citado en (Kreber, 2002) se definió que una buena práctica docente se caracteriza por tener objetivos educacionales claros, contar con una preparación adecuada, hacer uso apropiado de métodos, producir resultados significativos y demostrar efectividad.

Por otra parte, las tradicionales encuestas a los estudiantes sólo representan un componente de una docencia de calidad y, en consecuencia, no pueden dar una indicación de calidad por sí solos. Como explica Páramo, son variados los factores que intervienen en la evaluación que el estudiante hace de un curso y su profesor, muchos de ellos con poca relación con la calidad de la enseñanza (Páramo, 2008). Los resultados de los estudiantes en los exámenes propuestos y calificados por el propio profesor tampoco son apropiados, pues es el profesor que sería evaluado a partir de los juicios que él mismo emite sobre el aprendizaje de sus estudiantes; claramente, se presenta un conflicto de interés. La mayoría de las propuestas para reconocer la calidad en la docencia parecen centrarse en dos instrumentos (Felder, 2000): el portafolio del profesor y el desempeño de los estudiantes en pruebas realizadas por terceros o de carácter estandarizado.

Si bien el segundo camino parece el más indicado, pues finalmente lo que se busca es aumentar los niveles de competencia de los estudiantes, es importante reconocer que evaluar aprendizajes tiene limitaciones importantes. En primer lugar, la evaluación en general requiere de un gran esfuerzo institucional que muy pocas veces se realiza en la magnitud requerida y sobre una población suficientemente grande. En segundo lugar, debido a la naturaleza del aprendizaje humano, son múltiples los factores que intervienen en el nivel de desempeño de un estudiante: desde sus antecedentes de aprendizaje, conectados fuertemente a su entorno familiar y social, hasta situaciones coyunturales presentes. Los desempeños de los estudiantes varían con el tiempo, y, además, no se obtienen los mismos resultados si la evaluación se hace al final de un curso que unos meses después. En este contexto, resulta complejo y, de hecho, es peligroso buscar asignar una relación de causalidad inmediata entre la acción particular de un profesor universitario y el resultado del aprendizaje de los estudiantes en el marco de un curso particular.

Por estas razones la alternativa del portafolio ha ido ganando algún terreno. Esta alternativa se basa en la premisa de que es el profesor quien debe recoger evidencias suficientemente rigurosas y sistemáticas que le permitan afirmar que su acción docente ha sido eficaz. En esta perspectiva, las evaluaciones se pueden articular con información complementaria que le permita a pares evaluar y proponer recomendaciones (Borrego, Streveler, Miller, & Smith, 2008).

Desarrollo académico de profesores: ¿qué parece funcionar?

Enseñar es una actividad al alcance de todo el que sepa algo. En esta medida, en todos los niveles de la sociedad existen procesos de enseñanza-aprendizaje y prácticamente cada ser humano ejerce esta actividad en su vida cotidiana. Sin embargo, ser un profesional de la enseñanza es bien diferente. Enseñar profesionalmente implica, como en cualquier otra profesión, lograr resolver sistemática y exitosamente un problema relevante para la sociedad (en ingeniería formar profesionales que se puedan insertar en la sociedad con éxito), utilizando normas, códigos, procedimientos, estándares, ritos y buenas prácticas de la profesión. La diferencia entre enseñar como aficionado y como profesional es muy grande como en cualquier otro contexto.

Un número creciente de escuelas de ingeniería que han comenzado a comprender que es necesario capacitar a los profesores, que no basta con saber para enseñar profesionalmente, han recurrido a expertos en educación para que se encarguen de estas capacitaciones. Desafortunadamente esta aproximación ha resultado en general poco eficaz. Las razones para ello se explican en los hallazgos de la investigación en torno a lo que hace que un profesor sea eficaz, que fueron mencionados previamente (Duque, Celis, & Celis, 2011).

Para lograr estos aprendizajes la literatura indica que:

1. La formación debe ser situada, esto es, en torno a los problemas específicos de la enseñanza de temas particulares. El estudio de clases utilizado de Japón es buen ejemplo.
2. La formación debe realizarse en el marco de comunidades de aprendizaje y de práctica.
3. La utilización de mentorías, tutorías y “coaching” por parte de otros profesores de la disciplina parecen dar mejores resultados en promover el PCK.
4. Los cambios en educación toman tiempo, por lo que el proceso no se puede dar en pocas semanas o algunos meses. Requieren de una acción de largo aliento.

Resumen

El proceso de reingeniería de los programas de ingeniería en los países desarrollados es un proceso reciente y en pleno desarrollo en el cual la participación de las facultades de ingeniería de Iberoamérica es muy modesta, sin dejar de desconocer esfuerzos puntuales.

La creciente utilización de investigaciones de diverso orden para definir los objetivos de la formación, así como las estrategias y tecnologías a utilizar, dificultan enormemente la participación de las facultades de ingeniería en estos procesos. Sin embargo el mayor obstáculo podría ser el paradigma de contenidos, de cursos, de insumos y de investigación en que aún se encuentran fundamentadas las acciones de muchas facultades de ingeniería de Iberoamérica, aun las más desarrolladas.

Si se encuentra que aun las mejores universidades del mundo en ingeniería están preocupadas por la calidad de la formación y por la actualización de sus aproximaciones curriculares, incluida la formación de los profesores, incluso aquellas de mayor prestigio, no resulta difícil inferir que el camino a recorrer por las facultades de ingeniería en Iberoamérica es mucho mayor, camino que difícilmente podrán recorrer en solitario.

Ya no basta con saber los contenidos e incluso con investigar para proponer una educación apropiada y de calidad para los ingenieros.

La ingeniería en la formación desde el preescolar hasta la universidad

En general la educación ha sido incluso identificada por países desarrollados como Estados Unidos como un asunto de seguridad nacional (Committee on Science Engineering and Public Policy, 2007; Jaakkola, Nurmi, & Veermans, 2010; Klein et al., 2012). La educación tiene relación con el crecimiento económico, la competitividad de una sociedad en un mercado globalizado y la salud de una democracia. Sin embargo, el tiempo escolar es un bien escaso que es necesario utilizar de forma pertinente y efectiva con el fin de formar a los futuros ciudadanos de una nación y a los futuros trabajadores de un sistema capaz de innovar y, en consecuencia, lograr una sociedad sostenible y competitiva en un mercado que se globaliza (Council of competitiveness, 2004, p. 2):

> *Donde antes optimizábamos nuestras organizaciones para la eficiencia y la calidad, ahora debemos optimizar la sociedad completa para la innovación*.

Dentro de los requerimientos educativos, la enseñanza de las matemáticas ha sido una vieja ambición. Un poco más reciente es la ambición por educar igualmente en ciencias (AAAS, 1990). Sin embargo ya en estos documentos se esbozaba una fuerte conexión de la ciencia con la tecnología, pues muchos ejemplos utilizados correspondían a la tecnología.

Documentos como Schwab (2012, pp. 4-8) plantea 12 pilares para la innovación y la competitividad, uno de ellos la educación básica, que de hecho aparece entre los pilares básicos.

En este capítulo se busca responder a las preguntas ¿Debe la formación de todo ciudadano incluir algo de pensamiento ingenieril como parecen proponer algunos documentos en STEM? ¿Por qué? ¿Cómo? ¿Qué rol deberían jugar las facultades de ingeniería en ello?

Tecnología e ingeniería en la alfabetización y la ilustración para todos

Desde hace siglos, hasta nuestros días, la noción de alfabetización ha ido cambiando, pasando de incluir lectura, escritura y algunas habilidades matemáticas básicas a exigir más profundidad en estas dos disciplinas y a incluir la ciencia primero y, posteriormente, la tecnología y la ciudadanía como parte del acervo de competencias que debe tener todo ciudadano en el marco de una sociedad productiva y democrática. Recientemente, a este conjunto de bases para la alfabetización y la ilustración básica de todo ciudadano se ha agregado la ingeniería, que se refleja en el nacimiento del concepto STEM[17] cada vez más presente en documentos en Estados Unidos y Europa (Acevedo Díaz, Vásquez Alonso, & Manassero, 2003; Carnegie Corporation of New York, 2008; Committee on Science Engineering and Public Policy, 2007; Klein et al., 2012; National Research Council, 2011b, 2012). Igualmente la conexión entre capacidad para la innovación de una sociedad y educación STEM es cada vez más frecuente (OECD, 2011b). Educación artística, educación STEM, creatividad, interés en el aprendizaje y espíritu empresarial son los 5 factores que resalta la OCDE para garantizar una educación idónea para el siglo XXI (OECD, 2011b). Este mismo estudio indica que en meta-estudios realizados no se han encontrado estudios que muestren que una educación artística tenga impacto en la innovación o en la creatividad (OECD, 2011b, p. 7), si bien se reconoce su importancia en la formación de un ciudadano. En contrapartida, estudios similares han encontrado indicios sobre la relación de causalidad entre una educación en ciencias y matemáticas y el desarrollo económico de una nación (OECD, 2011b, p. 7).

La inclusión de aspectos de la ingeniería y la tecnología en lo que se espera que todo ciudadano estudie y comprenda proviene del examen tanto cualitativo como cuantitativo de los requerimientos en los puestos de trabajo en empresas innovadoras donde la tecnología es central, así como del reconocimiento que las grandes decisiones de la sociedad del siglo XXI tienen una fuerte relación con el impacto de la tecnología y de la ingeniería y en consecuencia se supone que un ciudadano requiera, para tomar decisiones bien informadas una comprensión suficiente sobre la tecnología, la ingeniería y su impacto en la sociedad. En contrapartida, aún no se cuenta con estudios que muestren que una educación en tecnología e ingeniería tenga un impacto positivo en la economía (Charette, 2012; National Research Council, 2011b, p. 2). Sin embargo, el mismo estudio y muchos otros indican cómo cada vez se requieren en los puestos de trabajo competencias relacionadas con una educación STEM, por lo que podría esperarse que estudios que se realicen en futuros años muestren que la relación entre una educación en tecnología e ingeniería para todos redunde igualmente en un

[17] Science, Technology, Engineering and Mathematics.

aumento en la capacidad de innovación, como sí parece encontrase en matemáticas y ciencias, según se mencionó anteriormente. Sin embargo, esto no implica que no sean importantes los contenidos en tecnología e ingeniería para todos, sino que una educación STEM con estos dos componentes no es el común de las escuelas y en consecuencia la medición de su impacto no es todavía posible. Los objetivos planteados para una educación STEM para todos incluye (National Research Council, 2011b, pp. 4-5):

1) Atraer más estudiantes para seguir estudios profesionales de tipo STEM, incluidas las mujeres y las minorías: el desarrollo de infraestructura, de bienes, de servicios, de tecnología y finalmente de innovación tienen una conexión directa con las disciplinas que componen una educación STEM. Los países desarrollados y aún más los que están en vías de desarrollo, requieren de ingenieros y científicos.
2) Aumentar la capacidad STEM del capital humano en general que se orienta hacia otras carreras de rápido crecimiento y que requieren habilidades STEM: carreras como las de la salud, las tecnologías, las relacionadas con el manejo de información, requieren de competencias básicas en STEM para poder sacarle provecho a los desarrollos científicos y tecnológicos en su propia área de trabajo.
3) Aumentar la ilustración STEM de todos los ciudadanos vayan o no a carreras que requieren de forma directa una educación STEM: Las decisiones bien informadas y sustentadas, tanto personales como sociales, cada vez requieren una mejor comprensión de la ciencia y la tecnología.

La no existencia de datos empíricos que permitan sustentar la necesidad de una educación en ingeniería y tecnología para todos, es asumida como un argumento a favor de que tal vez no valga la pena,en este momento, promover cambios en los sistemas educativos. Sin embargo, si la importancia que parece desprenderse de los análisis de las capacidades que el recurso humano debe tener para promover procesos de innovación basados en tecnología resultan correctos, esperar a tener datos empíricos que soporten el interés de una educación STEM para todos, puede ser demasiado tarde. Cuando estos datos lleguen en una o dos décadas, será muy tarde para emprender acciones en esa dirección, con lo cual la dependencia del conocimiento generado por otros países y el costo del acceso a ese conocimiento puede sepultar más de una nación en un grado mayor de dependencia del que tienen países en vías de desarrollo actualmente. Partiendo de la tesis de que es importante que todo ciudadano comprenda la naturaleza de la tecnología y la ingeniería, comprenda sus conceptos básicos y sepa utilizar la tecnología en la solución de los problemas sociales, de trabajo y personales, queda abierta la pregunta sobre lo que debe todo estudiante en su educación básica aprender y comprender, esto es, ¿qué capacidades tecnológicas y en ingeniería debe lograr todo ciudadano para poder insertarse con éxito en la sociedad del siglo XXI?

Existen algunas propuestas concretas sobre lo que se debería alcanzar en términos de tecnología e ingeniería que dan líneas de trabajo (Ash et al., 2000; Garmire & Pearson, 2006; ITEA, 2007; Ochoa, Carrizosa, Duque, & Duque, 2008; OEA, 2005b). Sin embargo, es claro que este será un campo en el que se requerirán avances en la investigación sobre lo que se debe enseñar en tecnología e ingeniería, dónde están los problemas y cómo se puede enseñar de la forma más efectiva posible, además de pensar en la capacitación inicial y en servicio de los profesores responsables de esta educación. A diferencia de las áreas de ciencias y matemáticas, donde ya se cuenta con varias décadas de investigación, la tecnología y la ingeniería para todos es un campo que está en su infancia. Sin embargo, trabajos realizados por comités expertos dan luces sobre los aspectos básicos a contemplar (National Research Council, 2011a, p. 2), tal como se reproducen en la siguiente tabla:

Tabla 8. Marco conceptual para una educación STEM para todos.

Las tres dimensiones del marco de trabajo propuesto
Prácticas científicas y de ingeniería
• Proponer preguntas en ciencias y definir problemas en ingeniería • Desarrollar y usar modelos • Planear y desarrollar investigaciones • Analizar e interpretar datos • Usar matemáticas y pensamiento computacional • Construir explicaciones en ciencias, y diseñar soluciones en ingeniería • Argumentar con base en evidencias • Obtener, evaluar y comunicar información
Conceptos transversales
• Patrones • Causa y efecto: mecanismos y explicaciones • Escalas, proporciones y cantidades • Sistemas y modelos de sistemas • Energía y materia: flujo, ciclos y conservación • Estructura y función • Estabilidad y cambios
Ideas centrales en las disciplinas (Ciencias físicas)
• La materia y sus interacciones • Movimiento y estabilidad: fuerzas e interacciones • Energía • Ondas y sus aplicaciones en tecnologías para la transferencia de información
Ideas centrales en las disciplinas (Ciencias de la vida)
• Desde las moléculas hasta los organismos: estructura y proceso • Ecosistemas: interacción, energía y dinámicas • Herencia: herencia y variación de rasgos • Evolución biológica: unidad y diversidad
Ideas centrales en las disciplinas (ingeniería, tecnología y ciencias aplicadas)
• Diseño tecnológico • Relación entre ingeniería, tecnología, ciencia y sociedad

Fuente: (National Research Council, 2011a, p. 3)

La ingeniería en la reforma de la educación STEM para todos

Desde los años 90 las facultades de ingeniería vienen participando en programas orientados a promover una mejor enseñanza de las matemáticas y particularmente de las ciencias, ante la preocupación creciente sobre la calidad de los estudiantes que reciben y la probable deficiencia de todos los ciudadanos en estas dos áreas, en el marco de una sociedad que requiere de competencias para todos en ellas, como ya se ha indicado.

Este hecho se evidencia en el incremento de estos programas en países desarrollados, como en los llamados que diferentes asociaciones realizan en el marco de diferentes eventos para que las Facultades de Ciencias e Ingeniería tomen un rol más activo en la educación STEM para todos (ASME, 2002; Carnegie Corporation of New York, 2008; CDC IEEE, 2002; National Research Council, 2011b; 2012, p. 12; The Fibonacci project, 2011).

Las razones que pueden sugerir una intervención activa de las facultades de ingeniería y de ciencias pueden resumirse en dos tesis que se presentan a continuación.

La calidad de la cadena depende de la calidad de cada eslabón

Si se quiere formar suficientes ingenieros en cantidad y calidad para los retos de la economía del siglo XXI, es mejor contar con buenos candidatos con bases sólidas en STEM y con la actitud apropiada hacia estas disciplinas. Ya en el primer capítulo se mostró la dificultad que existe para lograrlo y posteriormente en el segundo capítulo se ilustró la dificultad por la que pasa la motivación de los estudiantes para seguir carreras científicas y de ingeniería.

Es bien conocido, de otra parte, que en los procesos las buenas prácticas de la ingeniería sugieren colaborar con los proveedores para garantizar el mejor producto posible. No parece existir ningún argumento que haga que esta premisa de trabajo en la gestión de la calidad, promovida por los ingenieros, no tenga aplicación en el servicio educativo.

Intervenir activamente apoyando los movimientos de reforma de la educación para todos en relación con STEM, parece ser del interés de la ingeniería.

Educar en STEM requiere de conocimientos en STEM

Abrumadora cantidad de estudios muestran que para lograr aprendizajes implica que los maestros que enseñan estas disciplinas conozcan la disciplina que enseñan, mucho más lejos de lo que hay que enseñar (Abell, Rogers, Deborah, & Gagnon, 2009; Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999; Shulman, 1987). Estos mismos trabajos insisten en que la pedagogía en la enseñanza de los contenidos de cada disciplina (PCK[18]) es también fundamental, lo cual se logra con sustento en la investigación didáctica de las disciplinas involucradas, siendo indispensable la participación de profesionales de estas disciplinas en este tipo de investigación.

Desde esta perspectiva parece apenas natural que en las reformas en la enseñanza de contenidos en matemáticas, la ciencia, la tecnología y la ingeniería para todos, deban estar los ingenieros y los científicos, tanto para definir lo que se debe aprender, como para formar a los profesores y participar en la investigación de la didáctica y en la ingeniería didáctica de estas disciplinas.

El desempeño del ingeniero no sólo depende de su propia formación

Una de las grandes metas de la ingeniería es lograr una sociedad competitiva, innovadora, capaz de generar riqueza. Cuando se examinan condiciones para lograr este resultado, no parece evidente indicar que basta con formar una élite de ciudadanos bien educados, sino que se requiere una sociedad bien educada, sintonizada para la innovación (Baudelot & Establet, 2009; Council of competitiveness, 2004).

Desde esta perspectiva, definitivamente, la misión de una facultad de ingeniería no puede limitarse a formar ingenieros y a adelantar investigación disciplinar, sino que pasa por la investigación en la didáctica de la disciplina y por promover y apoyar procesos de mejoramiento en la educación STEM para todos.

Responsabilidad social

Finalmente y no necesariamente el argumento menos importante, participar en mejorar la educación de todos en general y la educación STEM en particular es una acción de responsabilidad social. Al igual que cada vez con más intensidad los negocios basados en tecnología adelantan programas para mejorar la educación STEM, no parece razonable que las facultades de ingeniería no lo hagan.

---

[18] PCK: pedagogical content knowledge.

Ingeniería y sociedad: acciones en curso

A lo largo de este trabajo se han mencionado algunas de las razones que promueven una educación en STEM para todos los ciudadanos en Iberoamérica y que resulta ser un elemento central para incentivar a los jóvenes, en la cantidad y la calidad requeridas, a optar por una carrera en ingeniería y ciencias:

1) La creciente importancia que la ciencia, la tecnología e ingeniería juegan en el desarrollo científico y tecnológico, para lo cual no basta con la formación de científicos, ingenieros y doctores, se requiere también de la alfabetización general de todos los ciudadanos en ciencias y tecnología (OEA, 2005a; UNESCO, 2001).

2) La conciencia sobre los dramáticos cambios que sucederán en las próximas décadas promovidos por los avances científicos y tecnológicos y su impacto sobre la sociedad y su calidad de vida. Frente a esta situación se requieren no sólo científicos e ingenieros, sino ciudadanos sensibles al tema, capaces de aprovechar las ventajas de la tecnología promoviendo la productividad y la competitividad.

3) La necesidad cada vez más sentida de contar con ciudadanos suficientemente informados para participar en las grandes decisiones de su tiempo y su sociedad que atañen a la utilización de la ciencia y la tecnología en un mundo en el que éstas cada vez tienen un mayor impacto sobre el planeta (Charpak, 1998).

4) Una nueva visión sobre los modelos de innovación, dejando atrás el modelo lineal que mostraba el resultado de la innovación como la aplicación de la investigación científica en las universidades y centros de investigación (Portnoff, 2004). En esta nueva visión, el ciudadano juega un papel fundamental en su puesto de trabajo, pues es quien detecta en muchas ocasiones oportunidades de mejoramiento e innovación si ha sido educado en ciencia y tecnología adecuadamente. Como se indica en Council of

competitiveness (2004), se trata de sintonizar la sociedad completa para la innovación.

5) La reducción en el interés de los jóvenes por profesiones en ingeniería y ciencias a menudo debido a experiencias educativas que ocasionan que los estudiantes perciban las matemáticas y las ciencias como asignaturas o materias difíciles. Este desinterés ha repercutido en un estancamiento, en el mejor de los casos, en el número de estudiantes matriculados en ingeniería y ciencias y obviamente de los graduados en estas profesiones y está generando una situación crítica para las sociedades que requieren de más ingenieros y científicos para solucionar los diferentes problemas que afectan el desarrollo social y económico.

6) Finalmente, las dificultades que los nuevos aspirantes en ingeniería tienen en matemáticas, ciencias y tecnología, producto de sistemas de educación inadecuados en sus niveles básico y secundario, que se refleja en una alta deserción, y de la utilización poco eficaz de recursos para la formación de ingenieros y científicos (National Research Council, 1999).

En este contexto, Estados Unidos, tal como se mencionó previamente, se ha propuesto formar 10.000 profesores para formar 10 millones de mentes en STEM (Committee on Science Engineering and Public Policy (2007, p. 110) y alcanzar 1 millón más de profesionales en STEM (PCAST (2012). Para superar estos desafíos en materia de STEM, Estados Unidos hace un llamado a las universidades de investigación, incluidas las facultades de ingeniería, pues estas universidades de primer nivel son uno de los actores claramente indicados (National Research Council, 2012).

Sin embargo, la educación de los ciudadanos para sustentar una nación próspera en el siglo XXI es un desafío complejo y mal podría decirse que con lograr una educación STEM pertinente y atractiva es suficiente, si bien existen elementos como para afirmar que es una condición necesaria. El desempeño de los ciudadanos igualmente requiere de otras competencias como se indica en Klein et al., (2012, pp. 42-47):

- Segunda lengua
- Pensamiento crítico
- Pensamiento creativo
- Resolución de problemas
- Comunicación efectiva
- Trabajo en grupo, manejo del tiempo
- Capacidad de aprender autónomamente

En este capítulo se busca responder a la pregunta: ¿Están haciendo todo lo que deben las facultades de ingeniería para garantizar el número de ingenieros en cantidad y calidad que requiere la sociedad y formar los ciudadanos futuros con pensamiento ingenieril? Esta pregunta contiene un supuesto que implica revalorar el papel asumido tradicionalmente por las facultades de ingeniería. Ellas no se pueden concentrar exclusivamente en mejorar el proceso de formación de los estudiantes de ingeniería; su responsabilidad se debe extender a los niveles educativos previos a la universidad con miras a que los futuros ciudadanos, los niños y jóvenes en educación básica y media, desarrollen un pensamiento ingenieril que les permita ejercer la ciudadanía con responsabilidad.

La educación en Iberoamérica: un problema de sistema, no de niveles educativos

Una educación en STEM demanda un sistema de educación de calidad y articulado. Es insostenible que la educación básica y media no sea un asunto del máximo interés por parte de las universidades, en particular de las facultades de ingeniería. Las universidades deben involucrarse en los aspectos que demandan una formación de calidad entre los cuales cabe destacar los relacionados con los maestros. Mejorar los sistemas educativos implica al menos actuar sobre tres factores centrales en el sistema (Klein et al., 2012, p. 34):

1. Mejorar la calidad de los maestros aumentando los estándares de entrada y de salida a profesiones que forman a los futuros educadores de todos los niveles.
2. Mejorar la formación y el entrenamiento de los docentes para que conozcan lo que enseñan y sepan enseñarlo.
3. Fomentar actividades de acompañamiento y mejoramiento continuo de los maestros en práctica utilizando diferentes estrategias como identificación y promoción de mejores prácticas, comunidades de práctica y realimentación por pares.

Los programas k-12 han recibido también el nombre de “in-serviceprograms” o “outreachprograms”. Su objetivo ha sido, vía una interacción entre las universidades y las escuelas y colegios, mejorar la educación que reciben los niños y jóvenes en las diferentes áreas. Estos programas que van desde el kinder hasta el grado 12 (caso en EEUU) se orientan fundamentalmente a capacitar, acompañar y apoyar a los profesores de primaria y secundaria, si bien entre las iniciativas se cuentan también acciones directamente encaminadas a apoyar a los niños y jóvenes por medio de diferentes estrategias.

En los últimos años han recibido especial atención los programas que promueven el desarrollo de competencias matemáticas, científicas y tecnológicas a través de programas en los que la participación de facultades de ingeniería y ciencias ha sido uno de los elementos a destacar.

Sin duda el tema no es que los estudiantes aprendan muchas cosas, sino temas y competencias relevantes y bien seleccionadas como se sugiere en Klein et al. (2012, p. 37).

Probablemente la participación de una facultad de ciencias (incluidos los departamentos de matemáticas) sea visto como natural. Resulta menos evidente para un observador promedio comprender la participación de una facultad de ingeniería en este tipo de actividad. Sin embargo, las acciones están creciendo.

Programas en Estados Unidos y Canadá

Estados Unidos

A continuación se presentan algunas iniciativas existentes en relación con una educación STEM para todos. Es importante indicar que muchas de las iniciativas que aparecen en ciencia y tecnología son, en efecto, iniciativas STEM.

STEM COALITION es una alianza educativa en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas de más de 500 empresas, profesionales y organizaciones educativas. Busca resaltar el importante rol que juegan las STEM para hacer de los Estados Unidos de América un líder económico y tecnológico en el mercado mundial del siglo XXI. Así mismo, su misión está enmarcada por los siguientes aspectos:

- Educar a legisladores y líderes de opinión pública sobre el papel crítico que juega la educación STEM en la competitividad y prosperidad económica futura de los Estados Unidos de América.
- Abogar por la apropiación e innovación de programas efectivos de educación STEM.
- Fomentar nuevas e innovadoras iniciativas políticas para animar e inspirar a los mejores estudiantes para estudiar en los campos de STEM.
- Reclutar maestros altamente calificados y mejorar los conocimientos de los contenidos y competencias profesionales del personal docente de la educación básica y media (PK-12 STEM).
- Mejorar los recursos disponibles en las aulas y otros ambientes de aprendizaje en STEM.

- Ser una valiosa fuente de información para sus miembros sobre temas STEM, programas e iniciativas (STEM Education Coallition, 2011).

Por su parte STEDA[19] ha logrado adecuar 100 escuelas especializadas para brindar educación STEM a un poco más de 37.000 estudiantes. Aún así no se ha conseguido la integración que se esperaba, dado que la formación en estas áreas aún es parcial y no total (SETDA, 2008, p. 3). En este mismo documento se puede encontrar una larga lista de iniciativas en EEUU relacionadas con la promoción de una educación STEM para todos.

En Keamey (2011, p. 6) se indica que en Europa el 75% de los países han colocado el mejoramiento de la educación STEM en primaria y secundaria en alta prioridad, e incluso se insiste en la necesidad de abordar una enseñanza por indagación para estas áreas en correspondencia con la investigación sobre mejores prácticas para ellas. En este mismo documento se hace un resumen de las iniciativas europeas, así como de los lugares internet dedicados a apoyar este tipo de iniciativa.

En Committee on Science Engineering and Public Policy (2007) se pueden encontrar inventariadas algunas de las acciones promovidas en EEUU con el fin de mejorar la educación STEM para todos los ciudadanos. En muchas de las acciones se encuentran presentes tanto facultades de ciencias como de ingeniería, siendo la razón bastante clara:

> La enseñanza para todos de STEM pasa por formar profesores en matemáticas, ciencias y tecnología y en su enseñanza, y quienes conocen de estos temas están justamente en escuelas de ciencias y de ingeniería. Adicionalmente, de la buena formación de futuros aspirantes a carreras STEM depende el contar con suficientes candidatos de calidad para seguir estas formaciones a nivel profesional. Se trata de una acción gana-gana.

Un segundo aspecto a tener en cuenta es que la mayor parte de las acciones propuestas se encaminan a formar a los docentes, si bien algunas iniciativas buscan abrir espacios directamente a los estudiantes para vivir actividades STEM.

El último aspecto que vale la pena destacar es el llamado reiterado a sustentar la enseñanza STEM en currículos bien concebidos y desarrollados, basados en investigación didáctica, en torno a actividades de indagación (Committee on Science Engineering and Public Policy, 2007).

---

[19] http://www.setda.org/web/guest/aboutus

Canadá

Como parte de la red de países que han venido trabajando en la enseñanza de las ciencias basada en indagación se encuentra PREST[20] que trabaja las matemáticas, la ciencia y la tecnología desde una perspectiva de indagación y de resolución de problemas. La actividad de esta iniciativa se centra en el desarrollo de material didáctico para el aula y en el desarrollo profesional docente situado. Esta iniciativa es una respuesta al llamado de ICSU, entidad que agrupa las academias de ciencias del mundo en su declaración de Roma (IAP, 2001).

Programas existentes en Iberoamérica y Europa

La participación activa de las Academias de ciencias de Estados Unidos, de Europa y de otros países, incluidos varios de los iberoamericanos ha promovido programas para mejorar la educación en ciencia y tecnología de todos los ciudadanos.

Estos esfuerzos se han articulado con apoyo en diferentes redes, como es el caso europeo en torno a proyectos financiados por la Comunidad Europea y en América Latina en torno a IANAS[21], entidad que agrupa las academias de ciencias de las Américas. En particular, los países que desarrollan programas orientados a mejorar los aprendizajes en ciencias y tecnología para todos son: Argentina, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Ecuador, Guatemala, México, Nicaragua, Perú, EEUU y Venezuela.

En estos programas a veces han participado los entes de gobierno, como es el caso de Chile, donde un programa del Ministerio se desarrolló por casi una década en asocio con la Academia de Ciencias, el caso de Argentina, donde por algunos años, en el pasado, el Ministerio lideró un programa de enseñanza de ciencias por indagación, y el caso de Panamá, que no cuenta con una Academia de Ciencias, donde bajo el patrocinio de SENACYT[22] se ha venido desarrollando un programa de enseñanza de ciencia y tecnología por indagación con asesoría de expertos de Estados Unidos y de algunos países latinoamericanos como Argentina y Colombia.

En Brasil, por ejemplo, se han desarrollado varios programas bajo el nombre de “Mao namassa”. En el caso de Colombia el programa ha sido denominado

---

[20] PREST: Pole regional pourl’enseignement de la scienceety la technologie, http://prest.csbe.qc.ca
[21] IANAS: Inter-American network of Academies of Science, http://www.ianas.org/
[22] Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología.

"Pequeños Científicos", siendo éste uno de los programas más antiguos de Latinoamérica, que incluso ha asesorado y apoyado el desarrollo de programas similares en otros países. Este Programa tiene la particularidad de haber nacido en una facultad de ingeniería y de haberse extendido en el país por medio de una red de universidades, donde la mayoría involucran una facultad de ingeniería.

En Europa este tipo de iniciativas comenzaron por los años 90 en Francia con el programa "La main à la pate"[23], programa que luego dio origen a buena parte de los programas de América Latina ya mencionados y a dos proyectos europeos: Pollen[24] y Fibonnacci[25]. El segundo programa tiene la ambición de formar 3.000 maestros en 25 países, donde las Academias de Ciencias son un actor central en 21. Entre los socios se encuentran escuelas de ingeniería.

Las cifras muestran un incremento en la actividad de desarrollo profesional de docentes con fuerte participación de las facultades de ciencias y de ingeniería en el mundo. Sin embargo, en Latinoamérica el involucramiento de las facultades de ingeniería dista de lo que sucede en Estados Unidos y Europa.

Recomendaciones finales

Las recomendaciones en una educación en STEM pueden ser agrupadas en dos grandes grupos:

- Diseño curricular.
- Formación de profesores.

En el primer caso, resulta fundamental definir y estructurar currículos para ser adoptados en los niveles básico y medio con miras a que los niños y jóvenes comprendan y utilicen el pensamiento ingenieril en la vida cotidiana. Igualmente, continuar con un mejoramiento de los currículos en ingeniería para lograr mantener el paso de algunos países desarrollados que están invirtiendo importantes recursos en lograrlo. Como se ha venido argumentando la ingeniería es un precipitado básico para el ejercicio responsable de la ciudadanía.

El segundo está relacionado con la formación de los maestros, quienes indiscutiblemente son los que hacen posible el desarrollo de un pensamiento en mate-

[23] http://www.fondation-lamap.org/
[24] http://www.pollen-europa.net/?page=CLDGDJVwskY%3D
[25] http://www.fibonacci-project.eu/

máticas, ciencia, tecnología e ingeniería, que requiere todo ciudadano en este siglo y que requieren los procesos de formación de los ingenieros de calidad.

Esta acción no es una labor que pueda ser delegada en terceros; las facultades de ciencias e ingeniería son co-reponsables en lograrlo, tanto por razones técnicas como de responsabilidad.

"Nuestra fuerza de trabajo innovadora en ciencia, tecnología e ingeniería (STEM) es responsable de más del 50% del crecimiento económico sostenible de la nación"[26].

[26] Dutta, D., L. Patil, et al. (2012). Lifelong learning imperative in engineering: sustaining american competitiveness in the 21st century. Washington, NAP.

Referencias

AAAS (1990). *Science for all americans*. New York: Oxford University Press.

Abell, S., Rogers, M., Deborah, H., & Gagnon, M. (2009). Preparing the next generation of science teacher educators: a model for developing PCK for teaching science teachers. *Journal of science teacher education - Springer, 20*.

ABET (2009). Self study questionary *Engineering accreditation commission*. Maryland.

ABET (2011). Criteria for accrediting engineering programs: ABET.

Acevedo Díaz, J. A., Vásquez Alonso, Á., & Manassero, A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista electrónica de las ciencias, 2*(2).

Albeniz, V. (Ed.). (2007). *El ingeniero colombiano del año 2020. Retos para su formación*. Bogotá: ACOFI.

Albert, B., Kenny, S., Booth, W., Glaser, M., Glassick, C., & Ikenberry, S. (2000). Reinventing undergraduate education: a blueprint for American›s research Universities: Boyer Comission.

Ash, D., Austin, M., Villavicencio, J., Bresnick, J., Cheong, W., Mott, B.,... Coulter, B. (2000). *Teachers' innovation in K-8 science, math and technology: inquiry learning*.

ASIBEI (2005). *Directrices curriculares para carreras de ingeniería en Iberoamérica*: ASIBEI.

ASIBEI (2007). *Aspectos básicos para el diseño curricular en Ingeniería: Caso iberoamericano*: ASIBEI.

ASME (2002). Position statement 2002: K-12 Science, technology, engineering and mathematics (STEM) modell bill.

Baudelot, C., & Establet, R. (2009). *L'élitisme républicain*. Paris: Seuil.

Borrego, M., Streveler, R., Miller, R., & Smith, K. (2008). A new paradigm for a new field: communicating representations of engineering education research. *JEE, 97*(2).

Canada›s science tecchnology and innovation system. (2011). State of the nation 2012.

Carnegie Corporation of New York. (2008). The opportunity equation: transforming mathematics and Science Education for Citizenship and the Global Economy. New York: Carnegie Corporation of New York, Institute for advanced study.

CDC IEEE (2002). Control in an information Rich World: CDC IEEE.

The CDIO Standards V 2.0 (2010).

Celis, J. (2011). La educación media no está promoviendo una formación en ciencias y tecnología en los jóvenes bogotanos. In S. Daza (Ed.), *Entre datos y relatos. Percepción de jóvenes escolarizados sobre la ciencia y la tecnología* (pp. 59-100): Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.

Celis, J., & Duque, M. (2011, 7 al 9 de septiembre de 2011). *Carrera profesoral, desarrollo académico y estrategias de formación en docencia de los profesores en ingeniería.* Paper presented at the Reunión Nacional ACOFI 2011: acciones y cambios en las facultades de ingeniería, Santa Marta.

Charette, R. (2012, June 8). STEM Education Funding in U.S. -Is more or less needed? *IEEE Spectrum, June*.

Charpak, G. (1998). *Enfants, chercheurs et citoyans*. Paris: Odile Jacob.

Colmenares, J., & Celis, J. (2011). *El papel de la universidad en la construcción de ciudades del conocimiento: algunas reflexiones sobre la Sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia*. Paper presented at the FLACSO- SEPHIS-CLACSO: La contribución de la educación superior al desarrollo político, social y económico de los países del Sur y las políticas para enfrentar los retos presentes y futuros, México.

Committee on Science Engineering and Public Policy (2007). Rising Above the Gathering Storm: Energizing and Employing America for a Brighter Economic Future. Washington: National Academy of science, National Academy of engineering, Institut of medicine.

CONFEDI (2010a). Conclusiones VIII Congreso Mundial de Educación en Ingeniería y VII Congreso argentino de enseñanza de Ingeniería: CONFEDI.

CONFEDI (2010b). La formación del ingeniero para el desarrollo sostenible: Aportes de CONFERI, Congreso Mundial Ingeniería 2010: CONFERI.

CONFEDI & AUDEAS (2010). Documento sobre competencias requeridas para el ingreso a los estudios universitarios: CONFEDI.

Council of competitiveness (2004). Innovate America: Thriving in a World of Challenge and Change, National Innovation Initiative.

Crawley, E., Malmqvist, J., Lucas, W., & Brouder, D. (2011, June 20-23). *The CDIO Syllabus v2.0: An Updated Statement of Goals for Engineering Education.* Paper presented at the 7th International CDIO Conference, DTU, Copenhagen.

Díaz, C., & Celis, J. (2010). Efectos no deseados de la formación para el trabajo en la educación media colombiana. *Revista Educación y Educadores, 13,* 199-216.

Duque, M., Celis, J., & Camacho, A. (2011). Cómo lograr alta calidad en la educación de los ingenieros: una visión sistémica. *Revista Educación en Ingeniería* (12), 48-60.

Duque, M., Celis, J., & Celis, S. (2011). Desarrollo profesional docente de profesores de ingeniería: revisión y evolución de propuestas en algunas facultades de ingeniería en Colombia. In Montoya Juny, A.-M. Truscott & A. Mejía (Eds.), *Educación para el siglo XXI: aportes del centro de investigación y formación en educación* (Vol. 2). Bogotá: CIFE, Universidad de los Andes.

EDUCING (2010). *Educación en Ingeniería en Colombia: Brecha y Giro.* Paper presented at the 9th ASEE Global Colloquium Engineering Education, Singapur.

Farrell, D., & Grant, A. (2005). Addressing China›s looming talent shortage: McKinsey.

Felder, R. (2000). The scholarship of teaching. *Chem Engr. Education, 34*(2), 144.

Garmire, E., & Pearson, G. (Eds.). (2006). *Tech Tally: approaches to assessing technological literacy* Washington: NAP.

Garrido, J. (2010). Mais engenheiros para o Brasil - Décadas de atraso a recuperar. *Revista Engenharia*.

Gómez, V. M., Díaz, C., & Celis, J. (2008). *El puente está quebrado: aportes a la reconstrucción de la educación media en Colombia*. Bogotá: Editorial Universidad Nacional.

Grossman, P., Hammerness, K., & McDonald, M. (2009). Redefining teaching, re-imagining teacher education. *RTeachers and teaching: theory and practice, 15*(2), 273-289.

Healey, M. (2000). Developing the scholarship of teaching in Higher Education: a discipline-based approach. *Higher education research and development, 19*(2), 169-189.

IAP (2001). Science education in the 21 Century: a challenge. Vatican City: Pontificial Academy of Science.

ITEA (2007). *Standards for technological literacy: content for the study of technology*. Reston.

Jaakkola, T., Nurmi, S., & Veermans, K. (2010). A comparison of students› conceptual understanding of electrica circuits in simulation only and simulation-laboratory contexts. *Journal of research in science teaching*.

Keamey, C. (2011). *Efforts to increase student' interest in pursuing science, technology, engineering and mathematics studies and careers: national measures taken by 21 of European schoolnet's member contries - 2011 report*. Belgica: European Schoolnet (EUN Partnership AISBL).

Klein, J., Rice, C., Levy, J., Artigiani, C., Barret, C., Barth, R.,... Caperton, G. (2012). US education reform and national security: Council on foreign relations.

Kreber, C. (2000). How university teaching award winners conceptualise academic work: Some further thoughts on the meaning of scholarship. *Teaching in Higher Education, 5*(1), 61-78.

Kreber, C. (2002). Controversy and Consensus on the Scholarship of Teaching. *Studies in Higher Education, 272*, 151-167.

Kreber, C., & Castleden, H. (2009). Reflection on teaching and epistemological structure: reflective and critically reflective processes in 'pure/soft' and 'pure/hard' fields. *Higher education, 57*(4), 509-531. doi: 10.1007/s10734-008-9158-9

Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and knowledge for science teaching. In G.-n. J. & N. G. Lederman (Eds.), *PCK and Science Education*. Netherlands.

Mourshed, M., Chijioke, C., & Barber, M. (2010). How the world›s most improved school systems keep getting better. London: McKinsey & Company.

National Research Council (1999). *Transforming undergraduate education in science, mathematics, engineering, and technology*. Washington: NAP.

National Research Council (2011a). A framework for science education. Washington: NRC.

National Research Council (2011b). *Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Washington: Committee on Highly Successful Science Programs for K-12 Science Education. Board on Science Education and Board on Testing and Assessment, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. The National Academy Press.

National Research Council (2012). Research universities and the future of America: ten breakthroug actions vital to our nation´s prosperity and security. Washington: National Research Council of National Academies.

National Research Council & Committee on Engineer of 2020. (2005). *Educating the engineer of 2020: adapting engineering education to the new century*. Washington: NAP.

National Research Council & National Academy of Engineering. (2003). *The engineering 2020: vision of engineering in the new century*: NAP.

Nicholls, G. (2002). *Developing teaching and learning in higher education* (First ed.). New York: RoutledgeFalmer.

Ochoa, M., Carrizosa, J., Duque, M., & Duque, A. (Eds.). (2008). *Orientaciones para la educación en tecnología*. Bogotá: Imprenta Nacional.

OEA (2005a). *Ciencia, tecnología, ingeniería e innovación para el desarrollo: Una visión para las Américas en el Siglo XXI* (M. C. Compte, Trans. Segunda ed.). Washington: OEA.

OEA (2005b). *Science, Technology, Engineering and Innovation for Development: A Vision for the Americas in the Twenty First Century* (Segunda ed.). Washington: OEA.

OECD (2007). *El programa PISA de la OECD: qué es y para qué sirve*.

OECD (2009). A tuning-Ahelo Conceptual framework of expected/desired learning outcomes in engineering. Paris: OECD.

OECD (2010). PISA 2009 Results: what students know and can do. Student performance in reading, mathematics and science, Volume 1.

OECD (2011a). Education at a glance: OECD.

OECD (2011b, 23-24 May). *Education for innovation: the role of arts and STEM education: Workshop summary report.* Paper presented at the Workshop OECD, Paris.

OECD (2011c). *Strong performers and successful reformers in education: Lessons from PISA for the United States*.

OECD & McKinsey&company. (2007). How the world's best-performing school systems come out on top.

OEI (2012). *Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo y la cohesión social: programa iberoamericano en la década de los bicentenarios*. Madrid, España: OEI.

Páramo, P. (2008). Factores psicosociales asociados a la evaluación del docente. *Revista educación y educadores, 11*(1), 11-30.

PCAST (2012). Engage to excel: Producing one million additional collegue graduates with degrees in science, technology, engineering, and mathematics. Washington: President›s office of advisors on science and technology.

Polino, C. (2011). La promoción de carreras científicas en las nuevas generaciones. Indicadores a partir de un estudio regional con estudiantes de educación media. *El estado de la ciencia* (pp. 125-134): Ricyt.

Polino, C., Chiappe, D., & Massarani, L. (2010). La ciencia como profesión. Valoración pública a partir de una encuesta en grandes ciudades de Iberoamérica". In Ricyt (Ed.), *El Estado de la Ciencia 2009*.

Portnoff, A.-Y. (2004). *Pathway to innovation*. Paris: Futuribles.

Schwab, K. (2012). *The Global competitiveness Report 2012-2013*. Ginebra, Suiza: World Economic Forum.

SETDA (2008). Science, Technology, Engineering & Math Retrieved 19 de agosto de 2011, from http://www.setda.org

Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational researcher, 15*(4). doi: 10.3102/0013189X015002004

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard educational review, 57*(1).

Shulman, L. (2005). Conocimiento y enseñanza: fundamentos de la nueva reforma: Knowledge and teachin: foundations of the new reform. *Revista de currículo y formación del profesorado, 9*(2).

STEM Education Coallition. (2011). About us and mission Retrieved 28 de agosto de 2011, from http://www.stemedcoalition.org

Stigler, J., & Hiebert, J. (1999). *The teaching gap: best ideas from the world's teachers for improving education in classroom*. New York: Free Press.

The Fibonacci project. (2011). Fibonacci Newsletter (Vol. 03). Paris.

The Royal Academy of Engineering. (2007). *Educating Engineers for the 21st Century*. London.

UNESCO (2001). Science, technology and mathematics education for Human Development. In UNESCO (Ed.). Goa, India: UNESCO.

UNESCO. (2008). *Serce: Los aprendizajes de los estudiantes de América latina y el Caribe*. Santiago de Chile: UNESCO.

UNESCO & LLECE. (2008). *Los aprendizajes de los estudiantes de América Latina y el Caribe: Primer reporte de los resultados del Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo*. Santiago de Chile: UNESCO.

University of Colorado (2003). Engineering 2020: vision for excellence. Retrieved 2012/02/05, from University of Colorado at Boulder http://engineering.colorado.edu/downloads/StratPlan/Engineering_2020.pdf

Viiri, J. (2003). Engineering teachers› pedagogical content knowledge. *European Journal of engineering education, 28*(3), 353 - 359.

Educar apropiadamente en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) en Iberoamérica es una condición básica no sólo para aumentar y mejorar la calidad de los jóvenes interesados en optar por una profesión en ingeniería y ciencias sino para mejorar las capacidades de innovación y competitividad de su sociedad.

Los países requieren de ciudadanos con comprensión sobre la naturaleza de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, así como sobre elementos de alfabetización básica en las 4 disciplinas para participar de manera responsable en la ejercicio de la ciudadanía ahora que cada espacio de la vida social depende de la ciencia y la tecnología. Además, una sociedad del conocimiento demanda que toda la sociedad esté sincronizada con la innovación; no es un asunto exclusivo de unos pocos o de algunas instituciones. El papel de las Facultades de Ingeniería resulta de primer orden para lograr que la educación en STEM de calidad pueda ser una realidad en los sistemas educativos de Iberoamérica.

En este documento se presentan algunas evidencias que sustentan esta visión.

Igualmente busca dar luces sobre la responsabilidad que tiene e interés que una Facultad de Ingeniería debe tener en una educación STEM para todos.

ISBN: 978-958-99255-3-9