

Divulgación y apropiación del conocimiento en ingeniería: oportunidad para la innovación

Popularising and appropriating engineering knowledge: an opportunity for innovation

Diana Cristina Ramírez Martínez¹, Oscar Fernando Castellanos Domínguez² y Julio Mario Rodríguez Devis⁵

RESUMEN

En Colombia el desarrollo de disciplinas como la ingeniería representa un elemento primordial para el desarrollo tecnológico y la innovación. La generación de conocimiento y la investigación desde esta disciplina son insumos que deben servir de soporte para abordar los problemas sociales y económicos del país. El presente artículo reconoce el papel de las revistas científicas como mecanismo de ayuda al control de la calidad de estos insumos con el fin de fortalecer los desarrollos tecnológicos y la innovación. Inicialmente se describe el papel de la divulgación del conocimiento y desarrollo de la ingeniería, donde se evidencia el apoyo que ha recibido en Colombia y la participación de las revistas como oportunidad para la innovación; se hace énfasis en la revista *Ingeniería e Investigación*, describiendo desde su creación, hasta las maneras como ha llegado a la madurez científica y tecnológica con la que hoy se presenta. Finalmente se plantean algunos retos y perspectivas para la divulgación y apropiación del conocimiento desde las revistas.

Palabras clave: innovación, apropiación del conocimiento, divulgación, revista.

ABSTRACT

Developing disciplines in Colombia, such as engineering, is a fundamental element in developing technological development and innovation. Such discipline generating knowledge and research represents input which must support approaches made to Colombia's social and economic problems. The present article recognises scientific journals' role as a support mechanism by controlling the quality of such input, aimed at strengthening technological developments and innovation. It describes the role of broadcasting knowledge and developing engineering, clearly showing the support which it has received in Colombia and the journals' role as an element for strengthening innovation; in the paper "Ingeniería e Investigación" Journal is emphasised, describing its trajectory from its creation to how it has acquired its present day scientific and technological maturity. Some challenges and perspectives are then proposed for broadcasting and appropriating knowledge from journals.

Keywords: innovation, knowledge appropriation, divulgation, journal.

Recibido: marzo 31 de 2011

Aceptado: junio 27 de 2011

¹ Ing. M.Sc. Investigadora del Grupo de Investigación y Desarrollo en Gestión Productividad y Competitividad – BioGestión. Coordinadora del Centro de Apoyo a Publicaciones de la Dirección de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Asesora de la revista *Ingeniería e Investigación*. Docente OCNL de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia. dcramirez@unal.edu.co

² Ing. Ph.D., Director del Grupo de Investigación y Desarrollo en Gestión Productividad y Competitividad – BioGestión. Profesor, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Director de la revista *Ingeniería e Investigación*. ofcastellanos@unal.edu.co

³ Ing. M.A. M.Sc. Miembro del grupo de investigación Complexus. Profesor y Decano, Facultad de Ingeniería, Universidad Central. jrodriguez2@ucentral.edu.co, juliomario@gmail.com

Introducción

La ingeniería se ha convertido en una disciplina que ha contribuido en gran manera al desarrollo del mundo en que vivimos y ha sido un factor esencial del progreso de la humanidad. En este sentido, en un país como Colombia el apoyo de disciplinas como la ingeniería es fundamental, más aún cuando entidades como la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco), indican que la falta de ingenieros podría frenar el desarrollo mundial (Infobae.com, 2010).

Este desarrollo, motivado en gran medida por las innovaciones desde las investigaciones en ingeniería, debe estar nutrido, no sólo por el apoyo y desarrollo que se presente desde varios ámbitos, sino por el grado de efectividad y articulación con el que se promueva. Si bien en Colombia han existido varias iniciativas para el desarrollo de la ingeniería, aún no es representativo el esfuerzo conjunto para generar impactos sociales, y pese al crecimiento que año tras año se da en materia de programas de formación y la existencia de investigadores, grupos de investigación y profesionales con formación en posgrado, un importante número de éstos se identifica como inactivo, ya que no registran productos académicos de manera constante (OCyT, 2008 y 2009).

Para contribuir a esta problemática se propone a la investigación y la generación de conocimiento desde la ingeniería como motores de impulso para el desarrollo de innovaciones como aspecto relevante en el crecimiento económico de un país. Una de las maneras de evaluar la calidad y pertinencia de los avances en ingeniería es la divulgación y validación de los trabajos académicos y científicos en revistas especializadas. La mayoría de estas revistas pertenecen a instituciones universitarias, reafirmando que tienen una responsabilidad importante en el desarrollo tecnológico, la evaluación de la rigurosidad, la retribución social y la innovación de las investigaciones (Villaruel, 1999).

Para abordar esos aspectos, este artículo evidencia el papel de la divulgación del conocimiento y desarrollo de la ingeniería mediante la descripción de dicha disciplina en Colombia y el aporte de las revistas para su desarrollo. Posteriormente, tras **treinta años** de servicio a la comunidad científica y tecnológica, se describe el desarrollo de la revista *Ingeniería e Investigación* y se plantean algunos retos que pueden ser adoptados por otros medios similares con el fin de fortalecer el desarrollo tecnológico hacia la innovación y por ende la competitividad.

Papel de la divulgación del conocimiento y desarrollo de la ingeniería

La ingeniería en Colombia

Según la Asociación Colombiana de Facultades de Inge-

nería (Acofi), la *ingeniería* se define como “la profesión en la cual los conocimientos de las ciencias naturales y matemáticas adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica se aplican con buen juicio para desarrollar los medios de aprovechar económicamente los materiales, los recursos y las fuerzas de la naturaleza, para el crecimiento y prosperidad de la humanidad” (Acofi, 1998; tomado de Pinilla y Salazar, 2000). Esta definición sirve como punto de partida para entender las contribuciones que la ingeniería ha venido ofreciendo en el transcurso de los años al desarrollo del país.

Al igual que en los restantes países latinoamericanos, en Colombia la profesión y el programa académico de la ingeniería surge en el siglo XIX como requisito interno para aplicar la tecnología mundial que se importaba (Poveda, 1993). Hoy en día la ingeniería hace parte de las disciplinas con mayor interés en Colombia; según datos del Sistema de Información del Ministerio de Educación Nacional (*on line*, consultado en enero del 2011), entre los años 2007 y 2008 los *programas académicos de posgrado* en ingeniería han representado un promedio del 20,8% del total de los ofertados en Colombia en todas las áreas de conocimiento; se destacan disciplinas como la ingeniería civil, de sistemas, ambiental y afines, y la mecatrónica e industrial y afines, siendo estas dos últimas las de mayor crecimiento en los años recientes.

El Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (*on line*, consultado en agosto del 2008) registra en total 119 *programas en ingeniería* en las universidades de formación en especialización, 89 en maestría y 25 en doctorado.

Por otro lado, se han consolidado varias *agrupaciones gremiales* alrededor de esta disciplina, y entre las más representativas se encuentran: la Asociación Colombiana de Ingenieros (Aciem)⁴, la Sociedad Colombiana de Ingenieros (SCI)⁵, la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (Acofi)⁶ y las asociaciones colombianas de ingenieros de acuerdo a varias disciplinas; así por ejemplo, existen la Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas (ACIS), de Agrónomos (ACIA), de Petróleos (Acipet), Sanitaria y Ambiental (Acodal), entre otras. Estas agrupaciones se han preocupado por el avance de la ingeniería en el desarrollo académico y social, y realizan eventos en ciencia, tecnología e innovación.

En materia *presupuestal* para el desarrollo de la ingeniería en Colombia, el Observatorio de Ciencia y Tecnología - OCyT (2008) indica que en Colombia la inversión en Actividades de Ciencia y Tecnología (ACTI) ha aumentado levemente (OCyT, 2008), y que uno de los Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología (PNCyT) con mayor cantidad de recursos es el de Desarrollo Tecnológico, In-

⁴ver www.aciem.org

⁵ver www.sci.org.co

⁶ver www.acofi.edu.co

dustrial y Calidad⁷ (segundo puesto, con el 17,2% del total de la inversión en 11 PNCyT, después del de Ciencia y Tecnología de la Salud, que representa el 25,3%). Esta misma entidad da a conocer que el recurso humano capacitado para la investigación en ingeniería en Colombia se ha promovido mediante varias políticas de becas y créditos.

La producción de conocimiento desde esta disciplina muestra la necesidad de que las iniciativas descritas se incrementen y se utilicen de manera más eficiente y efectiva. Así por ejemplo, en cuanto a *patentes*, según el OUC (*on line*, consultado el 30 de enero del 2011), la producción intelectual es baja; en el 2007 las cifras de la Organización Mundial de Propiedad Intelectual revelan que Colombia presentó 31 solicitudes internacionales de patentes, ubicándose por debajo de otras naciones como México, que presentó 173. De las 6.000 patentes que se fueron postuladas ante la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), entre 1991 y mayo del 2008, solo 8,8% fueron concedidas a residentes. Adicionalmente, como lo reporta la Cámara de Comercio de Bucaramanga (2009), la diferencia entre los países desarrollados y la mayoría de los que componen América Latina, es abismal; por ejemplo, regiones como Japón, Corea del Sur y Estados Unidos reúnen entre ellas aproximadamente 316.000 patentes por año, mientras que una muestra de 8 naciones de América Latina, entre las que se encuentra Colombia, apenas alcanzan 754. El grado de invención registrado en patentes para un país como Colombia es bastante bajo, tan sólo en el 2008 se aprobaron 56, según la SIC, cifra distante de economías de referencia mundial, como Brasil, México y Argentina. A esto se suma lo evidenciado por Ramírez *et al.*, (2010a y 2010b), que del total de revistas científicas en ingeniería en Colombia (44 revistas identificadas), sólo 3 tienen una categoría A1⁸, lo cual indica que el conocimiento publicado en ingeniería es levemente visible y por ende es poco referenciable al momento de emprender o retroalimentar una investigación; al respecto se profundiza en secciones posteriores de este artículo.

El *recurso humano* para el desarrollo de la ingeniería es considerable: de un total de 1.043.633 graduados en todos los niveles de educación superior entre los años 2000 y 2007 (OCyT, 2008), 222.873 pertenecen a áreas relacionadas con la ingeniería (Sistema de Información del MEN, Observatorio Laboral para la Educación, *on line*); es decir, un 21,4%. En posgrado, el OCyT (2008) da a conocer la tendencia en años de los graduados en los programas de maestría, con un porcentaje promedio anual de 20,2 % entre los años 2000 y 2007 del total de graduados con maestría en todas las áreas de conocimiento imparti-

das en el país.

Igualmente, ha existido en el país un incremento en el número de *investigadores*; de acuerdo con los registros en el CvLac⁹ (en el 2006), 20.846 personas se declaran investigadores; pero validando esta información de acuerdo con su producción científica y vinculación a un grupo de investigación, el número de investigadores baja a 10.634, según cálculos del OCyT (2008).

En este sentido, a nivel general, como lo plantea el OCyT (2008), en Colombia del total de investigadores activos sólo 2.689 tienen título de doctor; sin embargo, eliminando la rigurosidad de la producción científica y técnica en los años anteriores, este número se incrementa a 5.179, lo que lleva a pensar que alrededor de 2.490 doctores (48,1%) no están generando investigación o no publican regularmente¹⁰. Específicamente en ingeniería, la representatividad de doctores en esta área con respecto a otras del conocimiento, en promedio del total de doctores en Colombia el 13% se formaron en subáreas de la ingeniería.

En relación con los *grupos de investigación* en Colombia, a pesar de presentarse un desarrollo importante en el área de ingeniería y ciencias de la ingeniería hasta el año 2007, de los 820 grupos que registra el OCyT (2008) sólo el 51,2% estaban activos, sin desconocer que existe un gran porcentaje de grupos constituidos que, según la definición de Colciencias, no están agregando valor en su función de generación de conocimiento.

Teniendo en cuenta la última categorización realizada por Colciencias a los grupos de investigación (publicada en septiembre del 2010), la cual depende de la generación de nuevo conocimiento¹¹, producción de alto nivel, formación de nuevos investigadores y divulgación de resultados (Colciencias, 2008), existen 796 grupos relacionados con la ingeniería, sin desconocer los 92 grupos registrados como multidisciplinarios, los cuales pueden estar vinculados con el desarrollo de la ingeniería. En los grupos colombianos la ingeniería eléctrica agrupa una gran parte (20,15%) del número total de éstos, en un segundo lugar se encuentran las ciencias de la computación (18,1%, que aunque no se agrupan en el área de la ingeniería, su desarrollo en gran medida es gracias a la ingeniería de sistemas); a éstas les siguen la ingeniería de producción, la

⁷Los PNCyT son definidos por Colciencias

⁸Máxima categoría otorgada por Colciencias a las revistas científicas en Colombia, esta categoría indica principalmente que la revista puede estar incluida en uno de los mejores índices a nivel mundial, el *Science Citation Index* del *Information Science Institute* visible a través del ISI Web of Knowledge.

⁹Sistema de información visible a través de Scienti-Colciencias en donde los individuos relacionados con el desarrollo de la CyT en Colombia, registran su *Curriculum Vitae*.

¹⁰Como se evidenció anteriormente la investigación publicada en las revistas científicas no está siendo divulgada eficientemente.

¹¹Los productos de los grupos de investigación son los resultados alcanzados en los procesos investigativos llevados a cabo por estos. Los productos se clasifican en tres grandes categorías: productos de nuevo conocimiento (por ejemplo, artículos, libros de investigación, etc.), productos de formación (por ejemplo, tesis de doctorado, tesis de maestría, etc.) y productos de divulgación, circulación y uso (por ejemplo, consultorías, cursos de extensión, etc.) (Colciencias, 2008).

civil y la mecánica. Estos cinco programas académicos agrupan el 71% de los grupos de investigación registrados en estas áreas.

Relación de la investigación en ingeniería y la innovación

La relación entre la investigación y la innovación no es directa. La investigación busca ampliar las fronteras del conocimiento, mientras que la innovación es la aplicación o introducción de una originalidad o de una forma novedosa de hacer las cosas, al entorno, sea éste el sector productivo, una organización sin ánimo de lucro, a una comunidad.

Para poder hacerlo, el esfuerzo innovador debe ser realizado por un conjunto de actores al interior de una organización y apoyarse en otros actores que existen en su entorno de negocios inmediato. Es decir, la innovación es el resultado de un esfuerzo relacional complejo dirigido de la organización, llámese ésta, empresa, instituto, universidad, etcétera (Rodríguez, 2006).

En el caso específico de las universidades, ¿dónde se producen o generan dinámicas dirigidas hacia la innovación?; en el caso de las facultades de ingeniería, ¿cuál es el papel que juegan en dicho proceso?

Una de las claves fundamentales en todo proceso innovador es la posición estratégica que la alta dirección explicita en su visión, misión y políticas y que se traduce en la asignación de unos recursos para desarrollar el proceso innovador (Abello y otros, 2003), así como el establecimiento de unas prácticas institucionales específicas (incluyendo cartera de proyectos innovadores, con su seguimiento y acciones de difusión o comercialización).

En la medida en que las universidades se relacionan con su entorno en forma sistemática, coherente y planeada, se ven en la necesidad de realizar innovaciones organizacionales diseñando estructuras organizativas internas para facilitar la interacción, la realización de negocios, y responder adecuadamente a las necesidades de los usuarios. Cada vez más se crean oficinas de transferencia de tecnología y del conocimiento (centralizadas y descentralizadas), institutos y centros de investigación y desarrollo, con funciones diferenciadas y específicas para facilitar las interacciones, la cooperación, las alianzas, la negociación y la realización de negocios. Además, en ellos se han incorporado nuevas formas de incentivos a profesores, modernos procedimientos administrativos, formas de comunicación y de información actualizadas y nuevas formas de proteger el conocimiento. Inclusive, en algunas universidades, se han desarrollado otras cláusulas en la contratación laboral.

A nivel operativo, en las facultades las investigaciones y los proyectos deben tener, desde un principio, la intención de volverse un producto o proceso innovador (lo que determina acciones específicas y particulares, con énfasis

en la demanda o las necesidades). Por lo general las investigaciones realizadas en las universidades están en su inmensa mayoría jalonadas por la oferta de conocimiento y dirigidas a competir en el mundo académico con parámetros internacionales basados en publicaciones y referenciación. Los tiempos y las formas de aproximación al problema tienen diferencias con respecto a las necesidades y dinámicas del mundo extrauniversitario. En el caso específico de la Facultad de Ingeniería, hay cada vez más grupos de investigación que tienen como estrategia el aplicar los resultados de su investigación fuera de los muros de la universidad¹².

Asimismo, las universidades han desarrollado innovaciones en su quehacer fundamental, esto es, de sus prácticas pedagógicas. La incorporación de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en los espacios pedagógicos, el *e-learning* y la virtualidad están cambiando la forma de realizar las cátedras. Nuevas metodologías tales como el aprendizaje activo, o la resolución de problemas o prácticas por proyecto, han modificado la relación entre el estudiante y el profesor. Se puede afirmar que se están incorporando innovaciones en procesos e innovaciones cognitivas.

La forma como se relaciona un profesor innovador con sus colegas y con el entorno es diferente a la del profesor promedio. El docente innovador tiene sintonía y empatía con los usuarios y la posibilidad de generar nuevas oportunidades basadas en lo que sucede a su alrededor, en forma creativa. Para lograrlo, establece equipos de trabajo con colegas y con expertos de otras instituciones y universidades; busca financiación y apoyo y desarrolla proyectos interdisciplinarios. En resumen, el docente innovador va más allá del ámbito de experticia de su asignatura y de su unidad académica y traspasa las fronteras de su institución.

Las universidades innovadoras saben que no pueden responder aisladamente a las necesidades de su entorno ni en el desarrollo de las oportunidades. Las alianzas nacionales e internacionales con otras universidades, institutos, centros de investigación y de desarrollo tecnológico, son parte de su estrategia. Tienen una participación proactiva en las nuevas formas organizativas como clústeres, conglomerados, plataformas, etcétera, así como en los espacios oficiales de creación de políticas públicas en educación, ciencia, tecnología e innovación.

La profesión del ingeniero es una actividad privilegiada en el sistema de innovación, pues desarrolla el conocimiento y la experticia para entender los desarrollos científicos y aplicarlos al sector industrial y empresarial por medio de múltiples y nuevas tecnologías. Sin embargo, el llevar un

¹²Sin embargo, estudios realizados a finales del siglo pasado y principios de este, relacionados con los trabajos de grado de pre y posgrado, muestran que menos del 5% tienen realmente las potencialidades de ser usados.

nuevo desarrollo de ingeniería a la sociedad y que ésta lo use y se difunda en su interior, requiere del concurso de otras disciplinas y de un trabajo colaborativo lleno de incertidumbre y riesgo.

A pesar de las consideraciones hechas, el desarrollo de la ingeniería aún es débil; su incidencia es baja, más aún si se compara con el rápido avance científico y tecnológico y su inmediata aplicación práctica presente a nivel internacional. Esta situación es de gran preocupación considerando que los programas de ingeniería constituyen una herramienta fundamental que puede contribuir al mejoramiento de las condiciones de subdesarrollo y pobreza.

En particular, la investigación en ingeniería representa un insumo importante para el desarrollo tecnológico y la innovación. Es por ello que en los procesos de investigación se debe evaluar la rigurosidad, la retribución social y la innovación (Villaruel, 1999), sobre todo si se tiene en cuenta que la economía mundial gira hoy alrededor de los servicios y productos de alto valor agregado, especialmente aquellos basados en el conocimiento (*know how*), principalmente basados en procesos de I+D y de diseño en ingeniería, para la generación de innovación. Sin embargo, el aporte desde la investigación, como se muestra en la figura 1, todavía presenta ciertas limitaciones para llegar a desarrollos puntuales, centrándose en desarrollo desde la investigación básica.

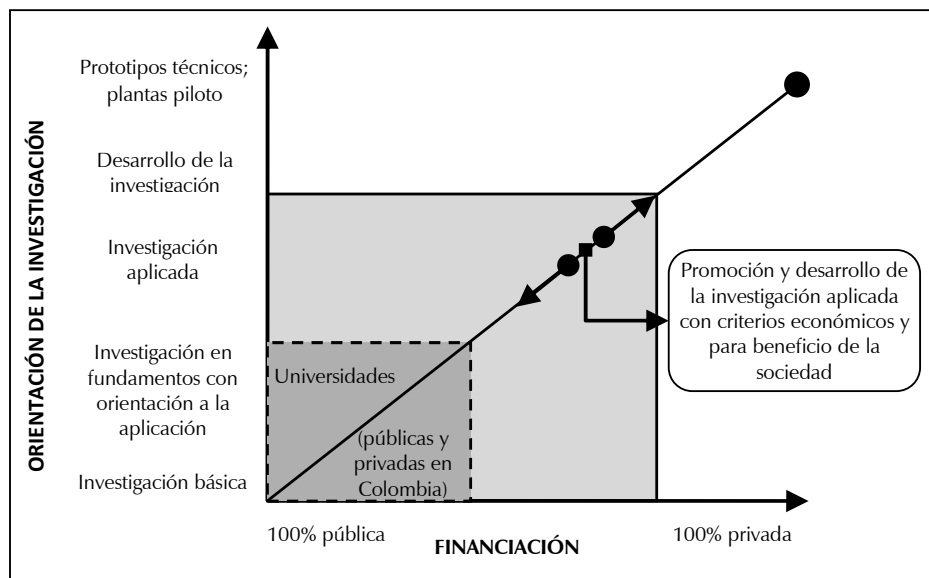


Figura 1. Orientación de la investigación. Fuente: DIB, 2010 (adaptada de www.fraunhofer.de, consultado por la DIB el 20 de junio del 2010).

La generación y gestión de conocimiento científico como aporte a los procesos de toma de decisiones en el sector público y privado, es un aspecto fundamental para generar impactos en el sector productivo y la formulación de decisiones políticas y de regulación. En este sentido, la pregunta acerca de la demanda y aplicación de conoci-

miento científico-tecnológico en la generación de innovación tecnológica, se hace especialmente importante.

Estas actividades de tipo científico y tecnológico desde la ingeniería hacia la innovación y manifestadas en varias ocasiones por medio de la producción de patentes y ciertos artículos científicos, son escasas. El presente artículo se centra en la actividad de generación de conocimiento que se materializa en la publicación de revistas científicas; estos órganos de divulgación están siendo categorizados en el ámbito nacional e internacional, y en los últimos años se presta mayor atención al impacto académico y social, lo cual se ha medido en especial por sistemas de indexación mediante el *Impact Factor* (Factor de Impacto - FI), el cual es un indicador bibliométrico medido por Thomson Reutersn (conocido como ISI), que refleja el promedio de citación de artículos publicados en una revista científica (Buela-Casal, 2003), y Simago Journal Rank (SJR) de SCIMago, medido con la información de Scopus del Elsevier. Estos sistemas hoy en día ubican las revistas en cuartiles (Q) en función del valor del FI o SJR, siendo Q1 el que agrupa a las revistas más citadas y Q4 el de las menos nombradas. Cabe mencionar que en el contexto colombiano una revista ya es prestigiosa estando en el Q4.

Revistas de ingeniería en Colombia

El Índice Bibliográfico Nacional (IBN Publindex, 2010), administrado por el Departamento Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias, es el ente principal que promueve la medición de la calidad y difusión de las revistas en Colombia y actualmente lo realiza por medio de cuatro criterios: calidad científica, calidad editorial, estabilidad y visibilidad. El cumplir estos requisitos en mayor o menor medida determina las categorías A1, A2, B y C. De las 44 revistas colombianas que incluyen en su publicación temas de ingeniería, 33 (es decir, el 75%) tienen asignada una categoría¹³; 3 están en categoría A1 (6,8%), 8 en A2 (18,2%), 5 en B (11,4%), 17 en C (38,6%) y 11 no tienen categoría (25%).

Lo anterior da a conocer que son pocas las revistas reconocidas en el país. Sin embargo, existen algunas con características especiales que, pese a no tener una categoría en el IBN Publindex, cumplen un propósito específico en el desarrollo tecnológico del país, y si bien tienen el reto constante de mejorar procesos relacionados con la calidad científica y editorial, visibilidad y estabilidad, persi-

¹³Según datos de la II Actualización de 2010 del IBN-Publindex

guen la misma meta orientada a la divulgación de conocimiento en ingeniería y la contribución a los procesos de innovación tecnológica. A continuación se describe el proceso de creación y consolidación de la revista *Ingeniería e Investigación*.

Historia de la revista Ingeniería e Investigación

Creación de la revista

La revista *Ingeniería e Investigación*, perteneciente a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia (la facultad de ingeniería más grande de Colombia), fue creada en el año 1981 a partir de la celebración de los 120 años de la facultad y en el marco de un momento de reforma a la educación superior (decreto 80 de 1980).

La facultad había venido consolidando los procesos de investigación en su interior, por lo que la producción de resultados de investigación cada vez era mayor y de más calidad. Hasta ese momento no contaba con alguna publicación que le permitiera difundir su conocimiento y los investigadores tenían que publicar en revistas del medio universitario nacional; por tal razón, en la decanatura de Armando Palomino se determinó fundar una revista que divulgara el trabajo investigativo y de extensión que desarrollaba la facultad. Su primer director fue el ingeniero Julio Mario Rodríguez Devis, quien en ese momento dirigía un grupo de investigación en energía eólica.

En los primeros años de vida las estrategias fundamentales se concentraron en aprender a escribir correctamente artículos, establecer un banco de alto nivel de evaluadores y contar con los suficientes artículos para lograr una periodicidad estable y que reflejara la actividad investigativa de los departamentos y grupos. Además, se trabajó en el establecimiento de procesos administrativos y académicos en la facultad para garantizar el funcionamiento de la revista.

Ingeniería e Investigación ha contado con directores comprometidos con la labor editorial que la revista requiere. Después de 30 años de historia es importante reconocer y agradecer la participación en este proyecto de los ingenieros mencionados en la tabla 1.

Estructura de la revista

Con la finalidad de mejorar la revista se evidenció la necesidad de establecer un proyecto serio con recursos periódicos para su funcionamiento. En el año 2005 ella adquirió una infraestructura propia que le permitió consolidar sus actividades, con el apoyo de una profesional de tiempo completo en el desarrollo de actividades de coordinación editorial. Estas iniciativas permitieron que la revista monitoreara su desempeño, se planteara metas y desarrollara estrategias que le diera la posibilidad de subir

de categoría, no sólo en el ámbito nacional, sino también en el internacional.

Tabla 1. Editores de la revista *Ingeniería e Investigación* en sus primeros 30 años.

No. de edición	Número de revistas editadas	Nombre del editor
1-2*	2	Armando Palomino
3	1	Abraham Rodríguez
4	1	José Rodríguez
5	1	Luis Enrique Peñaloza
6-10	5	César Córdoba
11-13	3	Pablo Leyva
14-20	7	Alejandro Ospina
21-24 y 28-29	6	Victoria Durán
25-27	3	Álvaro Correa
30-32	3	Fabio Figueroa
33-51	19	Julio Mario Rodríguez
52-53	2	Julio César Cañón
54-58 y Vol. 25 No. 3 (59) – Vol. 31 No. 2 (76)	23	Oscar Castellanos

*La iniciativa para la creación de la revista fue liderada por el Ingeniero Julio Mario Rodríguez Devis.

Certificación e indexación de la revista

La revista *Ingeniería e Investigación* ha adoptado las sugerencias de gestión que plantea el IBN Publindex de Colciencias. En relación con su categorización a nivel nacional en el IBN Publindex, ha venido escalando desde el año 2005, obteniendo la categoría B en el 2007, la A2 en el 2008 y la máxima categoría (A1) desde el 2009. Hoy en día se posiciona como una revista de calidad y punto de referencia de otras, cual se muestra en secciones posteriores.

En el ámbito internacional, la clasificación de la revista en categoría A1 en Colombia indica que la revista está incluida en índices y bases de datos de alta calidad. En la actualidad (agosto de 2011), la revista está indexada en:

- Science Citation Index Expanded, también conocido como SciSearch®, del Institute for Scientific Information (ISI) de Thomson Reuters.
- Elsevier, red de libros de medicina y literatura científica a nivel mundial. Parte del grupo Reed Elsevier, con base en Ámsterdam, y cuenta con subsidiarias en el Reino Unido, Estados Unidos, España y países de los cinco continentes (disponible por medio de Scopus).
- Scientific Electronic Library Online - SciELO, Colombia.
- Inist, Pascal. Centre National de la Recherche Scientifique del Institut de l'information Scientifique et Technique, Francia.
- Chemical Abstract Service (CAS).
- Red de Revistas Científicas de América Latina y el Cari-

be, España y Portugal – Redalyc.

— e-revist@s. Plataforma Open Access de Revistas Científicas Electrónicas Españolas y Latinoamericanas.

— Dialnet. Portal de difusión de la producción científica hispana.

— Latindex. Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal.

De los anteriores SIREs se destacan Science Citation Index Expanded y Scopus, los cuales integran dentro de sus dinámicas la evaluación de las revistas de acuerdo con indicadores de impacto (Ramírez et al., 2010b). Estos indicadores tienen en cuenta la citación que reciben los artículos publicados en las revista en relación con los artículos publicados, clasificando a la revista en cuartiles. En agosto del 2011 la revista *Ingeniería e Investigación* se ubica en el Q4, lo que le plantea retos en cuanto al aumento de visibilidad y apropiación social y académica del conocimiento que se publica.

Dinámicas de publicación en la revista

Desde 1981, año de creación de *Ingeniería e Investigación*, se han publicado más de 920 artículos en varias especialidades de la ingeniería. Como se muestra la figura 2, si bien se destacan las ingenierías química, de alimentos o la bioquímica (principalmente ingeniería química) y la ingeniería mecánica o la mecatrónica (principalmente ingeniería mecánica) con el 29% y 15% del total de artículos publicados, respectivamente, se resalta la participación de las principales áreas de la ingeniería y el surgimiento de trabajos interdisciplinarios que promueven, como lo indica Chesbrough (2006), la innovación abierta.

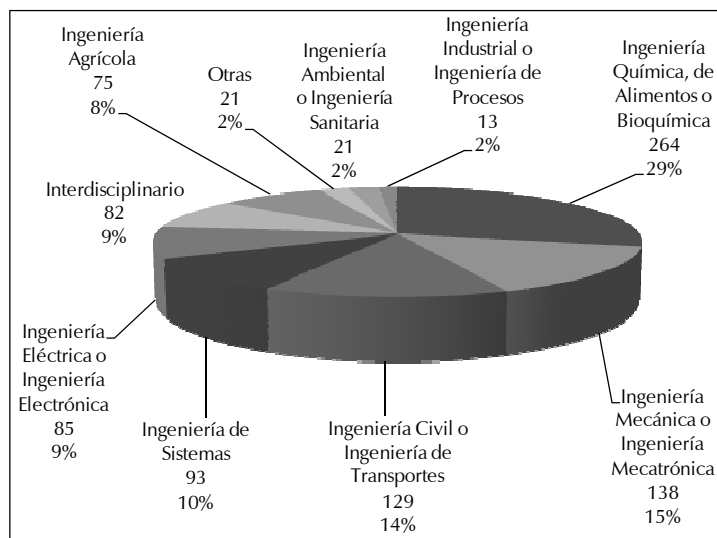


Figura 2. Especialidades de la ingeniería publicadas en *Ingeniería e Investigación* desde 1981, año de creación de la revista, hasta el Vol. 31 No. 1 (abril de 2011).

El aumento de artículos publicados, con una pendiente

cada vez mayor, ha mostrado el interés de la comunidad académica por la visibilidad de sus investigaciones, como se muestra en la figura 3.

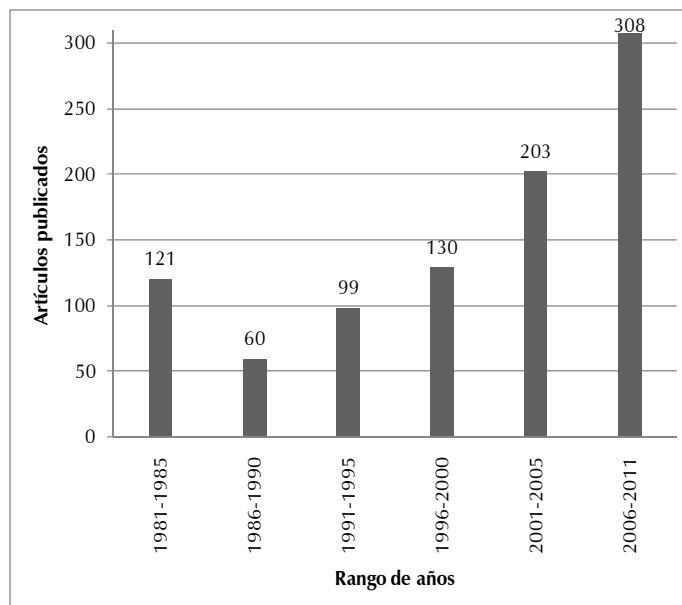


Figura 3. Aumento de las publicaciones realizadas en *Ingeniería e Investigación*.

En cuanto a las temáticas publicadas, realizando un análisis semántico con la ayuda del software RefViz®, que efectúa un cotejo entre el título y el resumen de los artículos para evidenciar los nichos temáticos, en la figura 4 se muestran los temas publicados en *Ingeniería e Investigación* desde el año 2009 (año de su inclusión en *Science Citation Index Expanded* y *Scopus*). El tema con mayor frecuencia se representa en el clúster 5, mediante artículos relacionados con modelos, simulaciones, etcétera. Otros temas importantes, identificados en los clústeres 1 y 2, se relacionan con desarrollos de *software* e implementaciones, técnicas y medidas de eficiencia, respectivamente. Los temas registrados en la figura 4 se inclinan a la investigación en fundamentos con orientación a la aplicación, afirmando lo planteado en la figura 1.

En la figura 5 se revela que las contribuciones de autores internacionales han aumentado. Hasta el año 2004 (55 números después de creada la revista), se evidenciaba una marcada endogamia; posteriormente, con el aumento de la calidad de la revista, creció el interés de autores internacionales. Éste es un aspecto muy positivo, ya que la revista cada vez es más reconocida como un medio de socialización y apropiación del conocimiento generado a nivel mundial.

A continuación se hace una breve descripción de los vectores que han impulsado el desarrollo de la revista *Ingeniería e Investigación*.

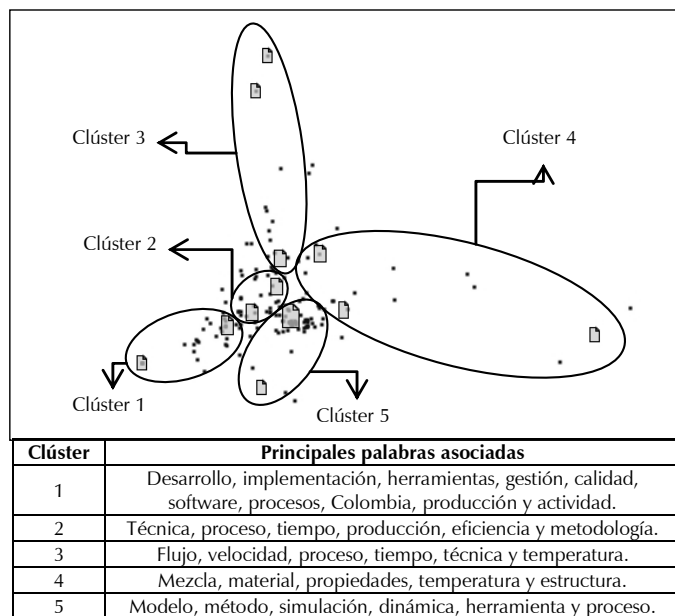


Figura 4. Mapa tecnológico de los clústeres de los principales temas publicados en *Ingeniería e Investigación*, entre el año 2009 y abril del 2011.

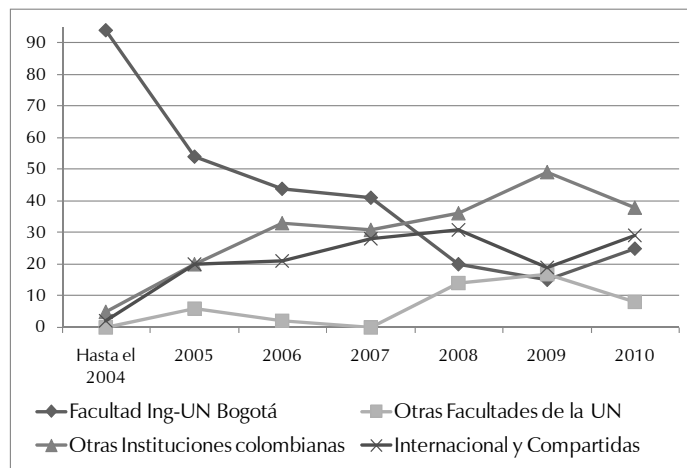


Figura 5. Participación internacional en *Ingeniería e Investigación* desde 1981, año de creación de la revista, hasta el vol. 30 (2010).

Vectores de desarrollo de la revista

Recursos y logística

El desarrollo de la revista durante los últimos años ha puesto en manifiesto la importancia de abordar de manera prioritaria un proyecto editorial de divulgación de conocimiento, como fuente estratégica de innovación. Uno de los principales vectores de desarrollo ha sido el marcar un camino hacia la profesionalización de la labor editorial. El contar con un profesional de tiempo completo para el desarrollo de la revista, y la independencia económica, han sido determinantes. *Ingeniería e Investigación* es apoyada por la Unidad de Gestión de la Investigación

(UGI) de la Universidad Nacional de Colombia, administrada en la Facultad de Ingeniería por la Vicedecanatura de Investigación y Extensión, que anualmente destinan recursos para el funcionamiento de ella.

Gestión y emprendimiento

La profesionalización de la labor editorial y la asignación de recursos ha permitido a la revista desarrollarse a un ritmo ininterrumpido, lo que a su vez ha sido una herramienta propicia para la generación de estrategias a corto, mediano y largo plazo, y la evaluación constante del entorno a los fines de fortalecer la definición de escenarios que le permitan destacarse como medio de divulgación de conocimiento innovador y de contribución a la competitividad del país.

Direccionamiento estratégico

La generación de estrategias ha llevado a la revista a generar normas editoriales claras y una política encaminada a la calidad. Durante el año 2010, en correspondencia con los logros alcanzados y los retos planteados, y como constantemente se concibe, se formularon cuatro proyectos estratégicos encaminados a fortalecer la divulgación virtual por la página web y el sistema *Open Journal System*, con la publicación del texto completo de los artículos en inglés, a los efectos de aumentar el posicionamiento y la visibilidad de la revista. Estas acciones se llevaron con éxito y han sido base para la actual formulación de otras estrategias.

Principales impactos de la revista

Apropiación social y académica

Como plantean Ramírez *et al.* (2010b), una de las maneras de medir la calidad de las revistas científicas en los niveles nacional e internacional es la valoración del efecto social y académico que éstas producen. Según Buela-Casal (2003) el impacto académico se determina generalmente por el número de citas que contienen (en un período determinado y en función de los artículos que publican), y por ahora es la manera más usual y conocida de establecerla.

La revista *Ingeniería e Investigación* es destacada por su inclusión en el Science Citation Index Expanded, también conocido como SciSearch®, del Institute for Scientific Information (ISI) de Thomson Reuters, dado que este sistema elige con criterios altamente rigurosos las revistas que agrupa. A pesar de estar aún en el Q4 del ISI, la revista tiene renombre internacional y el estar incluida allí le brinda la posibilidad de ser citada en investigaciones de buena calidad.

Por otro lado, la apropiación social es más difícil de cuantificar, dado que no es posible medir con cierto grado de certeza la utilización del conocimiento publicado en de-

sarrollo puntuales para el beneficio de la sociedad, más aún cuando se publican temas sesgados a la ciencia básica (figuras 1 y 4). Sin embargo, *Ingeniería e Investigación* es hoy en día un referente en el ámbito latinoamericano por su modelo de publicación.

Presencia nacional e internacional

Adicionalmente a la indexación internacional, en la región la revista ha participado en seminarios internacionales como el organizado por Redalyc, en el 2010, en Valdivia, Chile. En Redalyc, entre más de 700 revistas que la conforman, *Ingeniería e Investigación* está dentro entre los primeros 50 lugares de las más consultadas¹⁴. En SciELO Colombia esta revista se destaca en los primeros lugares de consulta directa por el contenido de los artículos, aun por encima de otras revistas de ingeniería reconocidas en Colombia (datos suministrados en el informe de gestión de SciELO Colombia en los años 2009-2010).

Coordinación de redes

El desempeño de *Ingeniería e Investigación* le ha permitido participar en el liderazgo de la Red Colombiana de Revistas de Ingeniería (RCRI), creada en octubre del 2009 con la misión de aunar esfuerzos para compartir criterios de publicación en las revistas asociadas por medio del intercambio de experiencias e ideas, al igual que fortalecer lazos de integración y cooperación mutua con el fin de mejorar la calidad científica y editorial de las publicaciones en ingeniería (Ramírez et al., 2011, en prensa).

Mediante la dinámica de jalonamiento de un grupo itinerante de revistas que coordina la red, donde *Ingeniería e Investigación* ha participado de manera representativa, y la construcción de estrategias en mesas de trabajo, se han obtenido varios resultados, como:

- Creación de una base de datos de las revistas arbitradas de ingeniería en Colombia.
- Aumentar el canje entre revistas.
- Publicar y compartir los listados de los artículos recibidos y los que están en proceso de evaluación.
- Acuerdo de no retribución económica por evaluación de trabajos.
- Avances para compartir bases de datos de pares evaluadores.
- Realización del Primer Seminario de Profesionalización de Editores (Santa Marta, septiembre del 2010).
- Formulación de una postura como red frente al cambio de sistema de indexación en Colombia.
- Formulación de un referente de debido proceso para atender casos que atenten contra las políticas editoriales de las revistas.

¹⁴ Ver Página de Redalyc. www.redalyc.com

Reconocimiento editorial de referencia

La labor editorial de *Ingeniería e Investigación* se ha planteado como referente, no sólo en la Red Colombiana de Revistas de Ingeniería en general: hoy en día apadrina tres revistas de ingeniería en Colombia. Este proceso se realiza para contribuir con el desarrollo de mecanismos que potencien la ingeniería en Colombia, además de compartir y transferir un caso de gestión editorial que se reconoce como exitoso y que pretende seguir mejorando.

Retos y perspectivas

Legibilidad

Existe la necesidad de fortalecer el impacto de la revista a partir de actividades que promuevan su visibilidad y *aumentar la citación de los artículos publicados*, para lo cual se han planteado retos dirigidos al mejoramiento de la difusión y el diseño del material bibliográfico, de tal manera que se presente útil e interesante para que otros investigadores lo retomen como referencia, integrando procesos como el aumento de la periodicidad, la definición de estándares de citación y uso de la bibliografía; el manejo de un segundo idioma, preferiblemente el inglés; la agilización de los procesos para la publicación de artículos; el establecimiento de una política editorial clara, la especialización en la divulgación de la investigación en ingeniería y la creación de redes de conocimiento.

Efectos en el desarrollo social

La medición del impacto social y los lineamientos para aumentarlo es un reto de suma importancia, ya que si bien el conocimiento que no se publica no existe, si el que se publica no tiene impacto es como si no se hubiese publicado nunca. Se espera desarrollar mecanismos para que el contenido divulgado en la revista dé respuestas a las necesidades o problemas que enfrenta la sociedad.

Abordaje de problemas de contexto

Muchas de las contribuciones publicadas se enfocan en la ciencia básica, dejando de lado las aplicaciones en problemas concretos. El reto se dirige a que la generación de conocimiento que se comparte desde publicaciones como *Ingeniería e Investigación* se enfoque a la solución de problemas en contexto. Algunas investigaciones no contemplan una aplicación "aterrizada" y por lo general plantean desarrollos sesgados a los eslabones de la cadena de valor que verdaderamente aporta la ingeniería; es decir, esto es, lo que Castellanos et al. (2011) llaman la *tecnoinfluencia*, un proceso cada vez más consciente de que a partir de la investigación y el desarrollo (I+D) o la transferencia de tecnología se logra obtener el beneficio de esta variable para el fortalecimiento del camino hacia la innovación.

Impacto en el *ethos* académico

Otro reto planteado tiene que ver con la mitigación de la publicación en revistas especializadas de ingeniería, de temas de ciencia básica o experimental donde el verdadero *ethos* de la ingeniería se identifica con dificultad. Como se mencionaba, la Acofi indica que en esta disciplina debe identificarse el aporte de los “conocimientos” de las ciencias básicas para desarrollar los medios que permitan un provecho económico de los recursos que redunden en bien de la humanidad.

Divulgación de resultados

En Colombia, por lo regular, las profesiones de ingeniería no ha sido suficientemente valoradas y se obvia el valor del capital intelectual (formación + información + conocimiento + experiencia). En el desarrollo económico, la tecnología y la educación que brinda la ingeniería en servicios de asesoría, consultoría, soporte técnico, mantenimiento y gestión tecnológica, no han sido tomadas en cuenta de manera relevante. El reto de revistas como *Ingeniería e Investigación* debe encaminarse a la promoción de investigaciones y desarrollo de conocimientos sobre la prestación de servicios como solución a las necesidades sociales, empresariales, entre otras.

Divulgación del conocimiento vs. innovación

Dada la baja incidencia de la ingeniería en la innovación tecnológica, se deben hacer investigaciones que tengan *tecnoinfluencia*, es decir, generar y divulgar aquellas que tengan en cuenta: 1) promover una cultura innovadora e investigativa; 2) reorientación de los currículos hacia el logro de un mayor y más realista conocimiento del país; 3) desarrollar investigaciones a partir del uso eficiente de los recursos; 4) promover la vinculación de la infraestructura científica y tecnológica al aparato productivo; y 5) articular la docencia y la extensión (consultoría) a la investigación. De esta manera se mitigará lo que Castellanos et al. (2011) llaman el *síndrome del profeta innovador*, donde se realizan inversiones altas sin beneficios eficientes para la competitividad, y a creer erradamente que es posible innovar con información interna y sin ningún tipo de retroalimentación externa.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, en especial a sus directivos, quienes han confiado en la revista y apostado con recursos al desarrollo de un medio de calidad como el que se presenta hoy en día. Asimismo, se extiende un agradecimiento especial a los autores y pares evaluadores de la revista *Ingeniería e Investigación*, quienes constantemente buscan que la investigación sea una oportunidad para la innovación.

Referencias

Abello, R., Torres, G., Barreto, E., Gonzáles, O. Gestión de la integración social de la investigación en IES colombianas., Colombia: Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2005.

Anderson, M., Mateos, A. (editores)., *Iniciativas claves en la comercialización de los conocimientos.*, España: Ediciones Amarú. Universidad de Salamanca, 2009.

Buela-Casal, G., *La evaluación de la investigación científica: el criterio de la opinión de la mayoría, el factor de impacto, el factor de prestigio y «Los Diez Mandamientos» para incrementar las citas. Análisis y Modificación de Conducta, 28, 2001, pp. 455-476.*

Cámara de Comercio de Bucaramanga., *Factor de Innovación y Desarrollo: patentes en Colombia.*, Informes de Competitividad, No. 3, Mayo, 2009.

Castellanos, O., Fúquene, A., Ramírez, D., *Análisis de tendencias: de la información hacia la innovación.*, Editorial Universidad Nacional de Colombia, 1ª Edición, 2011.

Chesbrough, H. W., *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology.*, 2006..

Colciencias., *Modelo de medición de grupos de investigación, tecnológica o de innovación.*, 2008.

Decreto 80 de 1980. Por el cual se organiza el sistema de educación postsecundaria., Ministerio de Educación Nacional., Enero 22 de 1980.

DIB. Dirección de Investigación, sede Bogotá., *Laboratorios para proyectar la investigación aplicada en la región capital.*, Folleto de divulgación del proyecto, Universidad Nacional de Colombia, 2010. Disponible en: <http://www.dib.unal.edu.co/proyectorlaboratorios/folletolaboratorios.pdf>. Consultado el 12 de julio de 2010.

Infobae.com. *Noticia: La falta de ingenieros podría frenar el desarrollo mundial.*, 20 de Octubre de 2010. Disponible en: <http://america.infobae.com/notas/12685-La-falta-de-ingenieros-podria-frenar-el-desarrollo-mundial>. Consultado el 11 de junio de 2011.

OCyT. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología., *Indicadores de Ciencia y Tecnología, Colombia, 2008.*

OCyT. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología., *Indicadores de Ciencia y Tecnología, Colombia, 2009.*

OUC. Observatorio de la Universidad Colombiana., Sitio Web: <http://www.universidad.edu.co/>

Pinilla, A., Salazar, J., Propuesta de titulación para la formación técnica profesional, tecnológica y de ingeniería en Colombia., Memorias de XX Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería sobre Ingeniería y Desarrollo Social, Cartagena de Indias, Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, 2000, pp. 7-13.

Poveda, G., Tomo IV: Ingeniería e historia de las técnicas (1)., En: Historia social de la ciencia en Colombia, Colciencias, 1993.

Ramírez D. Castellanos O., Gómez, A. Valoración de la apropiación social del conocimiento en ingeniería., Reunión Nacional ACOFI, Colombia, septiembre, 2010a.

Ramírez D., Ruiz J., Castellanos O., Difusión y apropiación del conocimiento publicado en ingeniería en Colombia., II Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación, Colombia, 2010b.

Ramírez, D., Castellanos, O., García, A., Estrella, P., Villa, J. L., Palacios, A., Silva, E., Callejas, M., Crea-

ción de la Red Colombiana de Revistas de Ingeniería, RCRI., Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería, ACOFI, 2011.

Rodríguez Devis, J. M., La dinámica de la innovación tecnológica., Colombia: Ediciones Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia, 2006.

Sistema información del MEN. Observatorio laboral para la educación, Ministerio de Educación Nacional, República de Colombia, on line. Disponible en: <http://www.graduadoscolombia.edu.co/html/1732/channel.html>

Sistema Nacional de Información de la Educación Superior, SNIES., Ministerio de Educación Nacional, on line. Disponible en: <http://www.mineduacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/channel.html>

Sistema de información Scienti., Colciencias, on line. Disponible en: <http://www.colciencias.gov.co/scienti>

Villaroel, C., Educación en ingeniería: relación entre la transferencia tecnológica y el desarrollo., Revista Facultad de Ingeniería (Universidad de Tarapacá), Chile, Vol. 6, 1999, pp. 19-24.