Investigación y desarrollo

FELIPE MARTÍNEZ MARTÍNEZ

RESUMEN El poder se fundamenta, cada vez más, en el conocimiento, y la clásica función de producción ha pasado a depender de la tecnología como variable fundamental. En el sustrato y fundamento de la tecnología está la I+D, pero no sólo ella sino un conjunto de factores, variables y conceptos: calidad, capital, productos, servicios, gestión, etc. Explica el autor, a partir del análisis de tablas, gráficos, etc. que recogen datos y estadísticas, los aspectos que ofrecen algunos de los indicadores usados par reflejar la situación hoy de la I+D, como son el esfuerzo, la inversión, el volumen de publicaciones, etc.

RESEARCH AND DEVELOPMENT

ABSTRACT. *Power is increasingly founded on knowledge, and the classic function of production has come to depend on technology as an essential variable. R&D is to be found in the substratum and foundations of technology, but is not the only element there: also present is a set of factors, variables and concepts: quality, capital, products, services, management, etc. The author uses the analysis of tables, graphs, etc. that include data and statistics to explain aspects offered by some of the indicators used to reflect the situation in which R&D finds itself today, such as effort, investment, volume of publications, etc.*

A estas alturas, las propias de doblar un siglo, existe consenso sobre la importancia que la inversión en capital humano e I+D tienen en el crecimiento de los niveles de renta y bienestar social. Importancia cuya cuantificación es todavía difícil. Hoy día, los macroeconomistas se ocupan más de la teoría del crecimiento que de los ciclos económicos, aduciendo que, en términos de bienestar, importan más las tendencias que los ciclos. Se ha generado así toda la literatura del crecimiento "endógeno" que ha dado lugar a la aparición de modelos teóricos con modificación de conceptos sobre las propiedades e incidencia de la tecnología, estructura del mercado así como a predicciones muy diferentes a las que ofrecían los llamados modelos neoclásicos.

A estas alturas, las propias de iniciar un siglo, algunos pudieran pensar que todo está descubierto, investigado o desarrollado. Nada más lejos, piénsese en el cierre del siglo XIX, y en la aparición, pocos años más tarde, de la teoría de la relatividad, y trasládese todo ello a la actual circunstancia. Lo que tendremos, ó tendrán, ocasión de ver resulta difícilmente precisable.

El poder se fundamenta, cada vez más, en el conocimiento, y la clásica función de producción ha pasado a depender de la tecnología como variable fundamental, sea bajo forma de capital, lo sea bajo mano de obra o recurso humano cualificado.

La tecnología propia ó adquirida, incorporada y preferiblemente asimilada, ya no es un "estado", y su tasa de variación condiciona la productividad, a partir de la cual y del nuevo concepto y estructura del mercado puede hablarse de competitividad, vocablo inevitable para cualquier comentario.

En el sustrato y fundamento de la tecnología está la I+D, pero no sólo la I+D, sino todo un conjunto de factores y variables y conceptos: calidad, capital, productos, servicios, gestión, etc. .

(*) Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Vocal Asesor del Secretario de Estado de Aguas y Costas.
Ministerio de Medio Ambiente.

La I+D que en la actualidad soporta los sistemas de ciencia y tecnología presenta rasgos claramente diferenciales, nunca excluyentes, con los conceptos y modos tradicionales. Se caracteriza por los requerimientos que en muchos casos comporta: instalaciones, multidisciplinariedad y gran cantidad de recursos.

En cuanto al mercado concierne, la formación de mercados comunes y la globalización lo dicen casi todo.

Existen en la actualidad no menos de 80 acuerdos de comercio preferencial y de los 130 países que forman parte de la Organización Mundial de Comercio todos menos Japón, Corea del Sur y Hong Kong pertenecen a un pacto o acuerdo regional.

En la región que nos ocupa, Iberoamérica: Mercosur, Caricom, Acuerdo Andino, el Centroamericano, etc. son, por poner un ejemplo, embriones de un mercado común más amplio.

La ciencia y la tecnología y la I+D no son ajenas al proceso de globalización en el que estamos inmersos. Los planes internacionales para estimular la I+D, por ejemplo los de la Unión Europea, las publicaciones, La "Red", los Congresos, etc. contribuyen de manera decisiva y en esta parcela, como en muchas otras, es indudable el efecto sinérgico de la colaboración entre personas, grupos, instituciones y paises.

Es público y notorio que la literatura científico-técnica viene dominada por el inglés, lo que supone una anomalía para una comunidad como la iberoamericana que hunde sus raíces culturales en las lenguas de Cervantes y de Pessoa. Y resulta especialmente paradójico que esto suceda en los campos de la arquitectura y la ingeniería civil, cuyas realizaciones han acumulado a lo largo de 5 siglos un patrimonio –que sigue aumentando con modernas creaciones– que es orgullo de la humanidad. Es completamente natural que la sólida aportación al acervo de conocimientos que viene realizando Iberoamérica en estas materias tenga su expresión escrita y hablada en las lenguas comunes de la región.

La ocasión que propicia esta I Bienal y el conjunto de conferencias a ella anejo justifica sobradamente una reflexión, o mejor dicho, unas pautas para provocarla, sobre I+D en ingeniería civil y arquitectura, toda vez más cuando mu-

chos de los aspectos tratados por los participantes están estrechamente ligados a ella (normativa, proyectos conjuntos, etc.) siendo difícil diferenciar su posicionamiento temporal relativo.

Analicemos a continuación y brevemente cuál es el aspecto que ofrecen algunos de los indicadores habitualmente usados para reflejar la situación de la I+D. Hay indicadores de *esfuerzo,* como el porcentaje de gastos (ó inversión) en I+D respecto del producto bruto y los hay de resultados obtenidos: número de publicaciones, citas, patentes, balanza tecnológica, etc. En todo caso su valor es muy relativo, solamente un indicador.

Si nos referimos a porcentaje respecto del PIB, el más habitual, comparar dos valores supone hacer la hipótesis de que los sistemas o elementos que se comparan son igualmente eficientes, lo cual sería una casualidad que sucediera. Hay autores que establecen por medio de este parámetro valores umbral por debajo de los cuales se pierde cualquier posibilidad en el mercado. Los hay, por el contrario, que subestiman la indicación y ofrecen la inversión en capital tecnológico como única referencia.

En todo caso, ofrecemos una serie de cuadros tomados del Worl Science Report 1998 (UNESCO) en los que puede observarse una panorámica mundial de la acción en I+D señalando:

El lugar destacado de América del Norte, Europa Occidental y los países recientemente industrializados (NIC) en Asia. En conjunto invierten más del 85% del total.

En lo que se refiere a Iberoamérica entendemos queda un largo camino por recorrer hasta alcanzar valores sancionados como razonables.

España y Portugal ocupan una posición baja en la Unión Europea y quizás el esfuerzo en I+D no se corresponda con su posición tecnológica, particularmente en el caso español.

No se presentan en los cuadros y tablas de referencia, aspectos importantes tales como la proporción pública/privada en el indicador referido a % del PIB. A mayor % suele corresponder, en general, un predominio de la inversión privada. Alcanzar ciertos umbrales requiere un mayor esfuerzo público, sea de forma directa sea por medio de otros incentivos.

Los problemas generales del bajo estímulo por la inversión en investigación provienen básicamente de consideraciones como las que siguen:

- La investigación se ha de enfrentar con serios problemas tales como el dilatado plazo para obtener resultados, la incertidumbre de éstos y la dificultad para evaluarlos y el hecho de que, en general, se obtenga la rentabilidad indirectamente y no se adviertan los beneficios cuando y dónde se produce el descubrimiento.
- La inversión en investigación requiere la conjunción espacial y temporal de un buen número de factores (infraestructuras, capital físico y humano, etc.) lo que dificulta las decisiones de política económica, siempre más sensibles a necesidades urgentes y, muchas veces, coyunturales.
- La formulación de la política económica, es decir el volumen de inversión en cada tipo de capital, requiere disponer de una estimación de su rentabilidad social (p.ej. incremento de producto agregado) lo que en el caso de I+D es difícil, como anteriormente comentamos. Esta es una importante razón para justificar que en los Presupuestos Generales del Estado no suela figurar como "política de gasto", según la terminología manejada habitualmente.

Todas las dificultades y problemas señalados afectan, obviamente, al I+D en ingeniería civil y construcción y se ven recrudecidos tanto por las propias características intrínsecas del sector como por su consideración, desde la óptica exterior, como maduro, tradicional, poco innovador, no estrictamente científico, e incapaz, a decir de muchos, de alterar el curso de la historia, entre otros.

Consecuencia de todo es que los indicadores propios no suelen alcanzar, y quedan muy por bajo, los valores medios representativos de la actividad de I+D en cada país o región. De hecho, los programas y planes nacionales e internacionales dedican un muy reducido espacio temático y económico al tipo de acciones bajo consideración. Afortunadamente, aunque de manera débil, se nota en los últimos años un cierto incremento de la atención en base a especialidades como los materiales, transporte, conexión ambiental, modelización, etc. Con todo, el esfuerzo tanto público como privado resulta definitivamente insuficiente urgiendo su replanteamiento en línea con un enfoque singularizado que tome en cuenta la gran incidencia económica y social de nuestro sector. A esta tarea de sensibili-

REGIONES	Inversión en I+D (cifras en miles de millones de $)		PIB (cifras en miles de millones de $)		Inversión I+D en % del PIB
	Volumen	%	Volumen	%	
Europa Occidental	131,5	28,0%	7.258	22,2%	1,8%
CEE	4,4	0,9%	549	1,7%	0,8%
CIS	11,8	2,5%	1.179	3,6%	1,0%
América del Norte	178,1	37,9%	7.255	22,2%	2,5%
América Latina	9,2	2,0%	2.746	8,4%	0,3%
Estados Árabes	1,9	0,4%	1.080	3,3%	0,2%
África Subsahariana	2,3	0,5%	716	2,2%	0,3%
Japón y NICs	87,3	18,6%	3.737	11,4%	2,3%
China	23,3	5,0%	4.650	14,2%	0,5%
India y Asia Central	10,1	2,1%	1.624	5,0%	0,6%
Sudeste Asiático	4,4	0,9%	1.446	4,4%	0,3%
Oceanía	6,0	1,3%	414	1,3%	1,4%
Total	470,3		32.654		

TABLA 1. La inversión I+D por regiones del mundo.

zación hacia el sector de los poderes públicos y de la empresa privada debemos aplicarnos todos al objeto de lograr umbrales equiparables al de otras actividades de I+D.

A reseñar la buena opinión que la sociedad tiene de los ingenieros. En una reciente encuesta llevada a cabo en España y referida a la valoración social de los diferentes grupos profesionales en cuanto a su contribución a la mejora de la calidad de vida y del bienestar, puntuado de 0 a 10, los ingenieros alcanzan un 7,92 en tanto que los médicos logran un 8,78 y los políticos un 4,32.

A reseñar, también, la enorme diferencia entre el "saber para hacer" y el "saber para saber", la resolución de problemas concretos, el corto plazo, y la creación técnica, frente a la carrera científica, la publicación de comunicaciones, la importancia de su número y un largo etcétera.

Y señalar, finalmente, el peso de los "científicos" en la elaboración de planes y programas de I+D que, en ocasiones, contienen numerosos aspectos tendentes a propiciar la endogamia del sistema y a favorecer la existencia de flujos privilegiados.

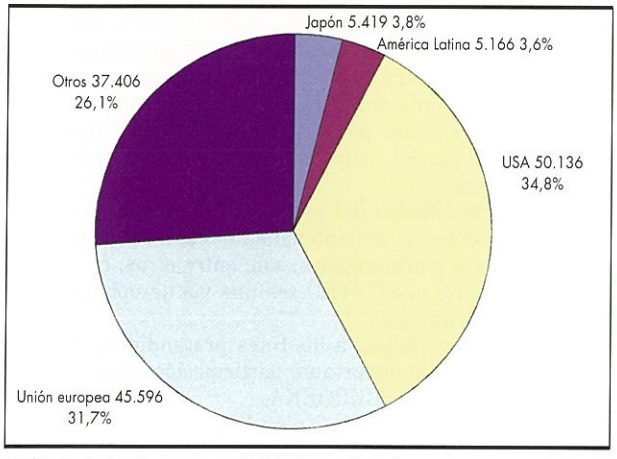

GRÁFICO 1. Publicaciones periódicas intelectuales.

Medicina	387
Biología	298
Ciencias agrarias	222
Ingeniería	122
Ciencias de la tierra	107
Ciencias exactas	62
Química	43
Total	1.241

TABLA 2. Revistas científicas y técnicas en América Latina.

No quisiera pasar por alto que una reciente encuesta sobre publicaciones científicas en la que, a pesar de que la ingeniería alcanzaba un valor medio, venía a sancionar su notable impacto (en términos bibliométricos), muy superior al de otras disciplinas y especialidades.

Establecidas o, al menos, esbozadas en todo lo expuesto las condiciones de contorno, circunstancias y problemas de la I+D y, muy particularmente, de su exigua componente ingenieril y de construcción, procede entrar en el análisis de su situación en cuanto a nuestro mundo iberoamericano concierne.

En este sentido, comenzaremos por señalar que, hasta hace bien poco la cooperación técnico-científica entre los países de la región ha sido muy escasa. Las miras se han dirigido generalmente hacia horizontes situados al Norte y muy poco hacia los vecinos más próximos, en términos tanto geográficos como culturales.

En los últimos tiempos, la formación de mercados comunes está abriendo una nueva perspectiva en el campo de la

País	PIB (en miles de millones de US$)		Inversión en I+D en % del PIB	
	1995	1996	1995	1996
Argentina	158,4	280,2	0,35	0,37
Bolivia	4,8	6,6	0,40	0,37
Brasil	592,0	675,8	0,70	0,88
Chile	27,4	51,3	0,57	0,78
Colombia	45,8	71,4	0,57	0,62
Costa Rica	5,7	9,2	0,72	1,25
Cuba	19,0	13,2	0,87	1,26
R. Dominicana	7,7	10,9		
Ecuador	12,6	18,0	0,17	0,08
Guatemala	7,9	9,3		
Méjico	262,7	286,9	0,22	0,35
Panamá	4,7	6,2	0,08	0,10
Uruguay	8,4	15,6		0,15
Venezuela	48,3	55,8	0,48	0,35
Canadá	515,0	639,4	1,44	1,52
USA	5.546,1	7.116,5	2,73	2,40
España	491,5	482,4	0,85	0,93
Portugal	92,4	109,3	0,54	0,59

TABLA 3. Tendencias de la inversión I+D en Iberoamérica.

ciencia y la tecnología, obviamente con los retrasos que les son propios frente a otro tipo de intercambios.

Con el liderazgo y apoyo de socios como USA y España, se han llevado a cabo acciones importantes en la región a través de la Organización de Estados Americanos (OEA) con financiación del BID y del Ministerio de Asuntos Exteriores de España con sus Centros Directivos para la Cooperación Internacional, que hoy día se concretan en la Agencia Española para la Cooperación Internacional (AECI) y su Instituto de Cooperación Iberoamericana (ICI). Sin olvidar las muy diferentes acciones promovidas por Naciones Unidas a través de UNESCO. En opinión nuestra y hasta hace relativamente pocos años este tipo de actividades ha tenido un importante sesgo cultural y educativo.

La tarea de AECI se concreta en una oferta muy diversificada de oportunidades, como becas para la realización de doctorados y maestrías para estudio en España y diversos países. Aunque esta parcela no sea propiamente un programa o plan estructurado bajo el aspecto técnico-científico permite, sin embargo, el establecimiento de relaciones y de transferencia e intercambio cuyo tejido, absolutamente imprescindible, puede fundamentar planes de futuro con grandes horizontes.

En la línea que nos ocupa quizás sea el programa CYTED la actuación más relevante de AECI en cuanto a I+D, actuación que cuenta con el apoyo del Ministerio español de Educación y Cultura (MEC) y del de Industria y Energía (MINER). El programa CYTED que también tiene el respaldo de la Comisión Económica para América Latina de Naciones Unidas (CEPAL) tiene su origen en 1982. Su objetivo principal es el fomento de la cooperación en materia de investigación tanto de Universidades como de Centros de I+D y empresas para el logro de resultados científicos y tecnológicos transferibles a los sistemas productivo y políticas sociales, con el fín de mejorar la calidad de vida, el estado de la tecnología y el desarrollo económico.

CYTED *se plantea la consolidación de una comunidad científica iberoamericana* y se propone servir de puente entre América Latina y la Unión Europea, a través de España y Portugal. Consta de 15 subprogramas de los cuales, en relación con la ingeniería civil y la arquitectura, señalamos los siguientes:

VI Nuevas fuentes y conservación de la energía
VII Eléctrónica e informática aplicadas
VIII Tecnología de materiales
XIV Tecnología para viviendas de interés social
XV Corrosión/impacto ambiental sobre materiales

Los tipos de actividades que se llevan a cabo bajo CYTED son:

- Redes temáticas
- Proyectos de investigación precompetitiva
- Proyectos de innovación IBEROEKA

Se desprende de su formulación de objetivos que CYTED representa un marco adecuado en el que encaja perfectamente cualquier pretensión.

Los resultados obtenidos por el programa son muy estimables, lo que también es extensible a su componente de ingeniería y arquitectura.

Sin embargo, una vez más, hay que insistir en el poco acento que el programa pone en estos temas, que están recogidos de forma parcial y cuya orientación se plantea como de acotado alcance.

Una mayor difusión del programa, su extensión a más amplios horizontes, el replanteamiento temático en el campo de la ingeniería y arquitectura, son, entre otras, cuestiones a considerar para que CYTED sea una vía apropiada de las supuestas aspiraciones.

Otra de las ventajas, a los fines pretendidos, del programa CYTED es la importante participación empresarial a través de las acciones IBEROEKA.

En lo que se refiere a la Unión Europea y a sus programas marco, el IV Programa contempla la acción denominada "Cooperación con terceros países y organizaciones internacionales" en cuya distribución de campos se concede muy poca importancia a los temas de ingeniería civil y arquitec-

País	Población (millones)	Estudiantes universitarios (1993-94)			Investigadores 1995	% sobre población activa
		Ciencias Naturales	Matemáticas e informática	Sanidad		
Argentina	34,2	4.933		7.487	18.439	0,13
Bolivia	7,2	97	54	894	1.200	0,05
Brasil	159,1	4.810	9.859	24.271	33.201	0,04
Chile	14	418	210	1.806	6.429	0,12
Colombia	34,5	1.384		7.380		
Costa Rica	3,3	59	150	1.367	1.453	0,12
Cuba	11	398	298	5.468	28.963	0,59
Ecuador	11,2	294		2.926	474	0,01
Méjico	91,9	8.463	9.524	11.580	19.433	0,05
Panamá	2,6	285	126	474	81	0,01
Uruguay	3,2	73	17	724	883	0,07
Venezuela	21,4	348	148	3.570		
Canadá	29,1	7.820	5.341	9.481	65.210	0,45
USA	260,6	64.583	39.012	67.089	962.700	0,74
España	39,6	7.084	5.248	15.069	47.481	0,31
Portugal	9,8	423	402	2.616	15.131	0,32

TABLA 4. Universitarios y personal I+D en Iberoamérica.

tura, (gestión sostenible de recursos naturales, tecnologías de los materiales y de la producción). El V Programa Marco no parece vaya a introducir grandes cambios en la tendencia. En 1999 se piensa celebrar en Río de Janeiro la cumbre UE-América Latina que esperemos tenga alguna influencia en los aspectos considerados.

Aparte de estas acciones de carácter global, existen otras localizadas en determinadas áreas de la región:

- RECYT (Reunión Especializada de Ciencia y Tecnología de Mercosur y asociados) creada en 1992, tiene como objetivos la integración y perfeccionamiento de la infraestructura científico-tecnológica, el intercambio de ideas para alcanzar mayor competitividad internacional y la promoción de proyectos innovadores en la región. Se realizan cuatro encuentros anuales, seminarios y conferencias y convocatorias de proyectos de I+D.
- Por parte de la OEA las actuaciones abarcan todas las áreas, por tratarse de una organización de carácter político, incluyendo las de ciencia y tecnología. En el seno de la Organización y dependiendo de la Secretaría General se ha creado la Oficina de Ciencia y Tecnología con programas y proyectos muy variados: Sistema INFOCYT de información regional sobre Ciencia y Tecnología, proyecto de indicadores de CyT.etc.
- UNESCO incluye dentro de sus actividades programas de ingeniería y arquitectura de relevante interés mundial. Como muestra de actividad en la región señalaremos el Programa Hidrológico Internacional que ha catalizado el interés y la participación activa de numerosos países.
- Señalar también, aunque de ámbito menos global, el Programa BOLIVAR, promovido por el BID a semejanza del EUREKA e IBEROEKA y que tiene un funcionamiento efectivo en la región.

Destacan también todas las acciones, muy importantes, llevadas a cabo por CEDEX, LNEC, Torroja.

Tras el breve repaso por la acción institucional conviene detenerse en la correspondiente a la efectuada por la sociedad civil.

Reseñaremos los dos Encuentros de Ingenieros Civiles Iberoamericanos, Cáceres (España, 1992) y Salvador de Bahía, (Brasil, 1994) que contaron con una nutrida representación y cuya celebración en 1996 resultó fallida, interrumpiendo un proceso que se prometía fructífero por el nivel e interés de comunicaciones y diálogo establecido entre profesionales, instituciones y empresas del sector.

No obstante y como consecuencia de estos Encuentros se constituyó en Madrid la Fundación Forum Iberoamericano de Ingeniería Civil y Construcción (FIADICC) de ambiciosos objetivos en cuanto se refiere al mundo de la ingeniería civil y construcción en sus diversos aspectos y, en especial y por lo que I+D y a su entorno concierne, propiciar el avance común mediante:

- El intercambio de expertos y equipamiento científico y tecnológico.
- Centro de documentación e información.
- Publicaciones periódicas difundiendo investigaciones.
- Normativa y homologación de laboratorios.
- Posibilidad de creación de un Instituto Iberoamericano de Ingeniería Civil.

Abundan, también, los congresos de ámbito iberoamericano sobre Ingeniería Civil y en algunas asociaciones internacionales existen capítulos especialmente destinados a la región, señalaré p.e.j. el Congreso Latinoamericano de Hidráulica que la próxima semana se celebrará en Méjico (Oaxaca).

Análisis crítico

- En términos globales poca atención a la I+D en ingeniería civil, arquitectura y construcción.
- En términos generales, también, una excesiva dispersión de actuaciones.

SÍNTESIS EN DECÁLOGO

1. Los países de la región incluyendo en ella a España y Portugal deben incrementar su esfuerzo en I+D.
2. Este esfuerzo deberá ser mucho mayor en el caso de I+D en ingeniería civil y construcción.
3. Los programas de I+D tanto de la región como de los diferentes países deberían prestar una mayor atención a los temas de ingeniería civil y arquitectura. En este sentido resulta imprescindible la acción de todos los profesionales, instituciones, empresas, y universidades vinculados al sector.
4. Entendemos conveniente bajo nuestra óptica la formación de un espacio de I+D iberoamericano, muy en particular en el Campo de la ingeniería civil, espacio que no debería limitarse a I+D sino a todo lo que con ella se relaciona y cuyos temas han sido tratados en estos días, destacando de manera muy especial los aspectos de manuales, publicaciones y normativa. Esta circunstancia no está reñida con los aspectos de mundialización, antes bien es un elemento coherente con la misma en línea con pensar globalmente y actuar localmente (regionalmente).
5. Son múltiples las actuaciones que se llevan a cabo de una forma dispersa que resulta, a los fines pretendidos, necesario articular y, a nuestro criterio, sobre la base de lo ya existente.
6. Programas como CYTED, con el impulso y atención a los aspectos señalados podrían servir de marco y conjuntar los esfuerzos de I+D y, naturalmente, en ingeniería civil y arquitectura si los subprogramas o unidades se delinean convenientemente.
7. Al amparo de este programa marco o de referencia las acciones horizontales como la formación de redes temàticas, el intercambio, la transferencia, la movilidad, y la formación, pueden nuclear la tarea que habrá de basarse, en todo caso, en proyectos conjuntos bien elegidos y en la colaboración y coordinación de todos los actores. Iniciativas como FIADICC pueden ayudar sustantivamente al empeño.
8. El correo electrónico, la Red, y la presencia activa en la misma a través de algún elemento aglutinador deberán actuar como soporte de la permanente información.
9. España y Portugal tienen un importante papel a cumplir como puente vial y cultural con cuanto se refiere a la UE en estos aspectos. Sus Centros especializados: CEDEX, Torroja, LNEC deben catalizar una buena parte de la acción institucional.
10. Las especiales características de la ingeniería civil y arquitectura justifican sobradamente que por la cumbre de Jefes de Estado y de Gobierno se efectúe un impulso no meramente verbal a estas tareas, toda vez que las mismas tienen un marcado efecto en nichos de competitividad y progreso y sus resultados ofrecen, a juzgar por el aval que representa la experiencia, un nivel de garantía apropiado.