

MANIFIESTO

Hoy, México tiene un número importante de especialistas en ciencias de la computación con alta calificación.

Juzgamos que si se da un esfuerzo concertado y una adecuada inversión por parte de las autoridades y de las instituciones involucradas, estos especialistas pueden producir mucha más investigación de primera calidad con un mayor impacto para el desarrollo de México.

Para ello planteamos a continuación los siguientes puntos:

- I. En qué consiste y por qué es importante hacer investigación en ciencias de la computación.
- II. La necesidad de hacer investigación en ciencias de la computación en México.
- III. Barreras para el florecimiento de la investigación y desarrollo de la computación en México.
- IV. Líneas de acción claves para promover la investigación en ciencias de la computación en México.

I. En qué consiste y por qué es importante hacer investigación en ciencias de la computación

Primero. Las ciencias de la computación se ocupan del estudio de las bases teóricas de la información y su aplicación e implementación en sistemas computacionales.

Hoy en día, en torno a la computación se ha conformado un amplísimo campo del conocimiento que abarca, bajo varias denominaciones como ciencias de la computación, tecnologías de la información o informática, especialidades que se ocupan desde los aspectos más teóricos cercanos a los estudios matemáticos, hasta los aspectos prácticos asociados a la innovación y creación de nuevos artefactos y aplicaciones. Entre estos dos extremos se sitúan un sinnúmero de áreas relacionadas con todos los aspectos de las computadoras, de las redes que las conectan entre sí, de los sistemas que permiten la administración de la complejidad a la que han llegado estos ingenios, así como del diseño de nuevos sistemas de información de todo tipo, de gestión, de control industrial, de aplicaciones científicas, de juegos, etcétera . Las fronteras de la investigación y desarrollo en computación están en constante expansión a una altísima velocidad. El extraordinario dinamismo comercial e industrial en torno a las tecnologías de la información no se puede comprender si no se toma en cuenta todo el trabajo de investigación y desarrollo tecnológico que se lleva a cabo en las universidades y centros de investigación públicos y privados de todo el mundo.

Usamos el término de tecnologías de la información (TI) para referirnos a las prácticas y productos tecnológicos que incorporan de forma substancial a las ciencias de la computación o que son el resultado directo de la aplicación de las ciencias de la computación enumeradas.

Segundo. La magnitud del campo de conocimiento de la computación es tal que comprende una gran diversidad de prácticas de investigación. Si bien no es inusual que programas de investigación en ciencias de la computación abarquen la trama de intereses completa, *desde la creación de teoría hasta la adopción final de los resultados*, no siempre es así. Por ello conviene distinguir las distintas formas de trabajo más habituales en ciencias de la computación, contemplando sus formas de organización, el tipo de resultados que generan, así como los criterios de evaluación que se aplican en cada una de ellas.

- En ciertos ámbitos, este quehacer es semejante al de las llamadas ciencias exactas, ya que se basa en *estudios analíticos*, que ocasionalmente requieren una infraestructura tecnológica especializada (por ejemplo, supercomputadoras y redes de muy alta velocidad) y se expresa en resultados formales (teoremas, teorías, modelos, etc.) comunicados a través de conferencias, cursos y publicaciones especializadas.
- En otros ámbitos, el quehacer de investigación en ciencias de la computación se asemeja más a la ingeniería pues se encarga del *diseño de artefactos* con un valor funcional. Como en las otras ramas de la ingeniería, la investigación se refleja en la producción de prototipos que en las ciencias de la computación suelen ser de hardware o de software; asimismo, se refleja en nuevos procedimientos de trabajo y en la incorporación de esas innovaciones en otras tecnologías o productos.
- Es pertinente también señalar que la investigación en ciencias de la computación incluye *temas afines a las ciencias sociales, administrativas y del comportamiento*, y comparte con ellas aspectos metodológicos -que suponen, por ejemplo, infraestructura y recursos para la experimentación y estudios de caso- así como criterios de calidad distintos a los de las ciencias más duras y cuyos mecanismos de transferencia y asimilación son muy diferentes a los dos anteriores.
- Finalmente, cabe destacar que, a diferencia de otras áreas del conocimiento, la investigación en computación suele darse en condiciones de *fuerte interdisciplina*, ya sea porque aparece como un componente científico propiamente de temas pluridisciplinarios -como puede ser la nanotecnología, la genómica o la climatología- o porque se imbrica en formas tecnológicas o en prácticas de disciplinas diversas -como es el caso de la informática médica o la informática de gestión- o porque se nutre de problemas, modelos y teorías de otras disciplinas.

Tercero. El avance de las ciencias computacionales y las tecnologías derivadas es fundamental para el desarrollo y bienestar de la sociedad, particularmente por su impacto en la competitividad de los países. Las ciencias de la computación y las TI son consideradas por los países desarrollados como *fundamentales para la competitividad y el desarrollo futuro*. Por ejemplo, en el actual programa de investigación de la Unión Europea, cerca del 30 por ciento de los recursos se destina a proyectos relacionados con la computación, lo que la convierte en el área a la que más recursos se dedican. En un reporte reciente (2007) del Consejo de Asesores en Ciencia y Tecnología dirigido al Presidente de los Estados Unidos de América, se sitúa a la investigación y al desarrollo

en ciencias de la computación y TI como prioritarios para mantener el liderazgo económico y tecnológico de EUA.

La investigación en ciencias de la computación y TI no sólo es prioritaria para México, sino urgente. Basta con recordar los pobres resultados reportados en un reciente estudio sobre la competitividad en TI, en donde México se sitúa en el sitio 44 de 64 naciones, con una calificación de 30.4/100. Entre los diversos aspectos considerados en este análisis el más crítico para México es el de investigación y desarrollo, donde obtuvo un punto de 100.

II. La necesidad de hacer investigación en ciencias de la computación en México

Es bien conocido que la investigación es un factor clave para la *creación de empresas y productos* de alto valor agregado, la obtención de *autonomía tecnológica*, la formación de profesionales competentes, la atracción y retención de científicos de alto nivel y la innovación en el conocimiento y en la técnica.

Aunque algunos de los argumentos anteriores se pueden aplicar también a otras disciplinas, en ciencias de la computación el factor multiplicador y la velocidad de cambio son substancialmente mayores y, por ende, también los costos de oportunidad. Más explícitamente, es importante hacer investigación en ciencias de la computación:

- Porque, actualmente, las TI son *ubicuas* ya que intervienen de manera significativa en prácticamente todas las actividades de la sociedad (producción industrial, comercio, banca, entretenimiento, salud, comunicación, etcétera).
- Porque, dentro del ámbito científico propiamente, las ciencias de la computación y las TI tienen un *impacto transversal* en las demás disciplinas. Las TI son indispensables como una herramienta de cálculo o de modelación pero las ciencias de la computación también suelen formar parte de la teoría misma -de manera análoga a la presencia de las matemáticas en la física- ya sea por constituir un nuevo lenguaje para expresar nuevas teorías (psicología cognitiva, sociología, economía, etc.) o por ser parte de la formulación de la teoría y su validación.
- Porque las TI son *parte constitutiva* de múltiples productos, procesos y prácticas y el uso sagaz de ellas genera ventajas competitivas en productividad, diferenciación e innovación.
- Porque, asociado a las características anteriores, las TI tienen un *ciclo de asimilación muy rápido* y, por tanto, se da una presión para innovar mayor que en otras áreas. Esto tiene, a su vez, dos efectos significativos: primero, que el *efecto multiplicador* de las contribuciones científicas dentro de la cadena de innovación sea mayor que en otras disciplinas; segundo, que sea *ventajoso intervenir* o, al menos, estar cerca de las *innovaciones fundamentales* si se desea utilizarlas en la fase de despegue.
- Porque, a diferencia de otras disciplinas, *el costo de la inversión* necesaria en equipos y laboratorios para hacer investigación de punta en ciencias de la computación *es muy bajo*.

- Porque, en vista de lo anterior, la incorporación tardía y la falta de innovación tienen un alto *costo de oportunidad*.

III. Barreras para el florecimiento de la investigación y desarrollo de la computación en México

No obstante el desarrollo y crecimiento de la investigación en ciencias de la computación en el país, aún persisten diversos aspectos que frenan su consolidación e impacto.

Según el último Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología, CONACYT, durante el periodo entre 2001 y 2005 la computación fue la disciplina con mayor tasa de crecimiento en el país. Fue también la que recibió el mayor número de citas por autor, con un crecimiento del 62 por ciento, y el impacto relativo (citas por investigador) más significativo entre las diversas disciplinas a nivel nacional (1.54). Esto muestra que, a pesar de ser una comunidad relativamente joven y pequeña, es muy productiva y posee un alto potencial de desarrollo.

Sin embargo, incluso con estos resultados alentadores recientes, las ciencias de la computación no han logrado un reconocimiento que corresponda a su importancia y características específicas, ni entre las autoridades del ramo, ni en el resto de la comunidad científica. Aun con el crecimiento importante de profesores investigadores en computación en los últimos 15 años, su número es insuficiente ante las necesidades del país. No hay suficientes grupos con la masa crítica requerida, ni se dan suficientes apoyos para desarrollar proyectos con la magnitud y plazos adecuados para lograr el posicionamiento e impactos convenientes para el país.

IV. Líneas de acción claves para promover la investigación en ciencias de la computación en México

Por todo lo anterior, sostenemos que las siguientes seis líneas de acción son claves para promover la investigación en ciencias de la computación en México y aprovecharla como un catalizador de la competitividad y el desarrollo del país.

1. **Establecer a la investigación y desarrollo en ciencias de la computación y las tecnologías de información como un área prioritaria para el país.** Esto se debe incluir en el Plan Nacional de Desarrollo, estableciendo la necesidad de asignar recursos específicos para promover la investigación a mediano y largo plazo. Asimismo, es necesario reconocer a las ciencias de la computación como una especialidad en sí misma en todas las instancias académicas y gubernamentales, en particular, en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI).
2. **Contar con una masa crítica de investigadores y grupos de investigación de primera calidad.** Para ello, es necesario hacer un esfuerzo en la formación de nuevos científicos, así como en la actualización de maestros, profesionales e investigadores consolidados. Se deben crear, además, las condiciones para atraer y retener investigadores de primera calidad y, sobre todo, instituir las condiciones que les permitan trabajar de forma productiva. En particular, se requieren, tanto la apertura de plazas para los nuevos investigadores que se están

formando, como la existencia de esquemas atractivos para promover la contratación de investigadores consolidados interesados en instalarse en México.

3. **Consolidar los grupos de investigación.** No basta con la existencia de numerosos investigadores en el país, es necesario contar con grupos suficientemente grandes, compuestos por investigadores y estudiantes de posgrado, que colaboren durante un tiempo razonable y con adecuada especialización para alcanzar niveles de continuidad, producción y calidad comparables a los de los mejores grupos del mundo. Estos grupos se deben formar, por lo general, dentro de las distintas instituciones pero deberá fomentarse también la formación y consolidación de grupos multistitucionales y la incorporación a éstos de investigadores que se encuentren aislados temática o institucionalmente. Sin grupos estables y productivos, las capacidades de formación y transferencia de tecnología son disfuncionales.
4. **Reordenar los mecanismos de financiamiento y estímulo a la investigación.** Para lograr los objetivos anteriores es necesario contar con recursos previsibles suficientes, cuya obtención y gestión no supongan una carga excesiva ni para los grupos de investigación ni para los propios investigadores. Es deseable instituir mecanismos de financiamiento que propicien la conformación de grupos sólidos orientados a la investigación y desarrollo en las áreas prioritarias y con una visión a largo plazo. Asimismo, deben diseñarse mecanismos de asignación, evaluación y seguimiento, así como incentivos que, en conjunto, impongan exigencias sensatas y objetivas a investigadores e instituciones, den pie a una evaluación pertinente y oportuna y constituyan, en suma, instrumentos para hacer eficiente la inversión. Es indispensable contar con mecanismos de evaluación y estímulos adecuados al dinamismo y características particulares del área.
5. **Establecer una estrategia de articulación nacional.** Esta articulación debe realizarse en distintos ámbitos. Hay que prestar atención a la integración de la investigación en ciencias de la computación con la docencia por un lado y con la transferencia de tecnología por el otro, además de la integración de los investigadores en ciencias de la computación como una comunidad y su coordinación con las otras comunidades científicas. Es necesario fortalecer la intervención de los investigadores en ciencias de la computación en los distintos órganos de evaluación de la actividad científica del país (como el CONACYT y el SNI), así como en los órganos de política científica (Academia Mexicana de Ciencias y el Foro Consultivo). Se deben consolidar los mecanismos de transferencia de tecnología y capital de riesgo que permitan transferir y potenciar el producto de la investigación y desarrollo en ciencias de la computación y TI.
6. **Establecer una estrategia de vinculación internacional.** Es necesario fomentar la participación en redes internacionales de las distintas especialidades con la colaboración de científicos mexicanos en los comités editoriales, los organismos de evaluación, los órganos de gobierno de las asociaciones, la organización de eventos. Se debe fomentar que los grupos de investigación mexicanos y las instituciones que los abriguen establezcan relaciones y alianzas que permitan colaboración en distintos tipos de actividad con contrapartes de otros países. Estas colaboraciones deberán considerar también aspectos de

formación que incluyan becas, visitas, estancias, dirección compartida de tesis doctorales, cursos y proyectos bi y multinacionales. Será necesario diseñar estrategias específicas para impulsar las relaciones con los países con los que hay una historia exitosa de colaboración o con los que es importante tenerla, para fortalecer los vínculos con los investigadores mexicanos establecidos en el extranjero, así como con asociaciones profesionales y organismos de promoción y coordinación internacionales.

Somos conscientes que las acciones que se tomen en estas líneas les competen a distintos actores sociales. Los abajo firmantes, investigadores en ciencias de la computación, asumimos el compromiso de aportar constructiva y responsablemente todo el conocimiento, experiencia y esfuerzo que nos corresponde.

Taxonomía de las Ciencias de la Computación

La división de la ciencia es artificial, básicamente es una forma de dividir el conocimiento para facilitar su estudio y aplicación. Por ello, esta división es dinámica, va modificándose en función de los avances de la misma ciencia y tecnología. Las ciencias de la computación son reconocidas como área del conocimiento *per se* en la mayor parte del mundo, como lo evidencian las facultades o departamentos en las universidades, las sociedades científicas nacionales e internacionales que aglutinan a miles de investigadores, los congresos científicos abocados a las diferentes especialidades en las que se subdivide el área, las publicaciones especializadas, así como los organismos de financiamiento de la investigación en los países desarrollados. La siguiente, es una taxonomía actual de las ciencias de la computación basada en la clasificación de la *Association for Computing Machinery (ACM)*, (En: <http://www.acm.org/class/1998/ccs98.html>): " Fundamentos matemáticos y teoría de la computación (teoría de autómatas, computabilidad, teoría de grafos, formalismos lógicos ...)

- Algoritmos y estructuras de datos (análisis de algoritmos, estructuras de datos ...)
- Lenguajes de programación y compiladores (compiladores, intérpretes, lenguajes, programación lógica ...)
- Arquitectura de sistemas (arquitectura de computadoras, organización computacional, hardware ...)
- Sistemas operativos (sistemas operativos, sistemas tiempo real, concurrencia ...)
- Computación paralela y distribuida (sistemas distribuidos, paralelos, sistemas ubicuos, autómatas celulares, sistemas cooperativos, computación grid ...)
- Redes de computadoras y comunicaciones (redes, comunicaciones, criptografía ...)
- Bases de datos (bases de datos, modelos de datos, bodegas de datos, bibliotecas digitales ...)
- Ingeniería de software (metodologías, arquitecturas de software, validación y pruebas, síntesis de programas ...)
- Computación numérica y aplicaciones científicas (métodos numéricos, simulación, física-química computacional ...)
- Interacción humano-computadora (interfaces, multimedia ...)

- Gráficas computacionales (gráficas, visualización ...)
- Inteligencia artificial (razonamiento automático, razonamiento con incertidumbre, aprendizaje, búsqueda, lenguaje natural, robótica, agentes inteligentes, visión, tutores inteligentes ...)
- Procesamiento de señales (procesamiento de voz, procesamiento de imágenes, reconocimiento de patrones ...)
- Sistemas de información (arquitectura de empresas, modelos de procesos de negocio (BPM), orquestación y coreografía de servicios web, sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP) ...)
- Enseñanza de la computación (currículos, estándares, didáctica ...)
- Áreas interdisciplinarias (bioinformática, ciencias cognitivas ...)

México, 8 de febrero de 2008

RED MEXICANA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN COMPUTACIÓN
(REMIDEC)