

La importancia del Posgrado en Cómputo de Alto Rendimiento en México



Dr. Manuel Aguilar Cornejo
Dr. Miguel Alfonso Castro García
Dra. Elizabeth Pérez Cortés
Dr. José Luis Quiroz Fabián
Dra. Graciela Román Alonso
*Departamento de Ingeniería Eléctrica,
Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa*

Abstract

Nowadays, High Performance Computing (HPC) is essential to face the challenges of a nation and promote its economic growth. This article provides evidence of the above and shows both the need for HPC professionals and the absence of postgraduate programs in Mexico that train specialists and researchers in this discipline.

Keywords: High Performance Computing, Graduate program, multidisciplinary, industry.

Resumen

Actualmente el Cómputo de Alto Rendimiento (CAR) es indispensable para enfrentar los desafíos de una nación y propiciar su crecimiento económico. En este artículo se da evidencia de lo anterior y se exhiben tanto la necesidad de profesionales en CAR como la ausencia de programas de posgrado en México que formen especialistas e investigadores en esta disciplina.

Palabras clave: Cómputo de Alto Rendimiento, Programa de Posgrado, multidisciplinar, industria.

Introducción

Hoy en día el Cómputo de Alto Rendimiento, CAR (o bien, HPC por sus siglas en inglés - High Performance Computing), es el campo del conocimiento que nos permite diseñar y construir aplicaciones para resolver problemas que demandan una gran cantidad de recursos de cómputo, por ejemplo: la generación de nuevos medicamentos, la predicción y dirección de huracanes, la detección temprana de enfermedades genéticas, el movimiento de cuerpos celestes, el análisis y estudio de mercados para detectar riesgos financie-

ros, el modelado de la conducción eléctrica en células del corazón, el modelado de la dinámica molecular, el análisis masivo de datos, entre muchas otras aplicaciones. El CAR está formado principalmente por tres grandes actores: i) investigadores en cómputo paralelo, ii) investigadores de todas las disciplinas que utilizan el supercómputo como herramienta de trabajo y iii) los profesionales que se encargan de administrar los centros de supercómputo.

Debido a la relevancia e importancia de sus aplicaciones, la Comisión Europea [1] [2] y las agencias gubernamentales de los Estados Unidos de Norteamérica, como la National Science Foundation (NSF) y los Departamentos de Defensa y de Energía [3], han considerado al CAR como un elemento fundamental para incrementar la competitividad económica y la innovación. Esta estrategia se repite en países como: Japón, China, Rusia, Arabia Saudita, Brasil, Singapur, Sudáfrica, etc., en donde existen iniciativas nacionales en marcha.

En el contexto nacional, desde finales del siglo pasado surgieron centros y laboratorios de supercómputo. Entre éstos se encuentran el Laboratorio de Supercómputo de la DGSCA (ahora DGTIC) de la UNAM, el Laboratorio de Supercómputo y Visualización en Paralelo de la UAM-Iztapalapa (LSVP), el Cluster Híbrido de Supercómputo Xiu-hcoatl del CINVESTAV, el Laboratorio Nacional de Cómputo de Alto Desempeño (LANCAD formado por los tres anteriores), el Centro Nacional de Supercómputo del IPICYT (Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica), ABACUS (Laboratorio de Matemática Aplicada y Cómputo de Alto Rendimiento) y el Laboratorio Nacional de Supercómputo del Sureste (INAOE, UDLAP, BUAP), entre otros.

Para fortalecer la colaboración entre instituciones en torno al CAR, el CONACYT creó en 2015 la Red Mexicana de Supercómputo; ésta es una red temática que aglutina a la masa crítica de investigadores del país y cuyo objetivo es impulsar el desarrollo y la difusión de la disciplina a nivel nacional. Además, en los foros de política pública vemos aparecer discusiones en torno a esta disciplina. Por ejemplo, en 2017, la Secretaría de Energía, la Secretaría de Economía y el CONACYT organizaron el foro “Diálogos para el Futuro de la Energía en México”, en donde hubo una sección especial dedicada al impacto del uso del supercómputo en la investigación científica y tecnológica aplicada en las áreas energéticas del país y, también en 2017, la Comisión de Ciencia y Tecnología de la Cámara de Diputados organizó un foro titulado: “Hacia una iniciativa nacional de supercómputo para incidir en los grandes cambios y desafíos de México”.

En este artículo se da evidencia, por una parte, de la relevancia del CAR para el desarrollo de la ciencia y la industria de un país y, por otra, de la poca presencia de esta disciplina en los posgrados de nuestro país en contraste con lo que ocurre en el resto del mundo. Enseguida, se da un panorama de las instituciones que requieren profesionales formados en CAR para, finalmente, presentar nuestras conclusiones.

Relevancia Social

Actualmente, entre los temas de gran relevancia social en nuestro país encontramos la reducción de la pobreza, la mejora en los sistemas de salud, la conservación del medio ambiente, el progreso social, el cambio climático, la investigación de medicamentos y vacunas para nuevas

enfermedades, y un largo etcétera. Las actividades científicas y el desarrollo tecnológico son sin duda parte del motor de un país para mejorar las condiciones en dichos temas relevantes; el impulso decidido a tales actividades se ve reflejado en la creación de nuevos bienes, productos, servicios y/o procesos productivos con alto contenido tecnológico o en la mejora sustancial de los ya existentes. A nivel más estratégico, muchas de las políticas públicas de los países incentivan la generación de propuestas de proyectos tecnológicos y de investigación para resolver problemas de interés público y mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Así, una forma de medir el impacto que ha tenido la inversión en ciencia y tecnología en un país es a través del incremento de sus exportaciones de bienes de alta tecnología producidos localmente. Esto indica un aumento de ingresos al obtener mayores rendimientos y, por otra parte, indica una generación de fuentes laborales bien remuneradas. De acuerdo con los datos del Banco Mundial, en 2020 México se posicionó entre los principales exportadores de productos de alta tecnología ocupando el 12º lugar en importancia con un valor en sus exportaciones de 69,544.18 millones de dólares [4]. Sin embargo, en este tipo de comercio es importante anotar que México también es uno de los principales importadores de productos de alta tecnología a nivel mundial.

Lo anterior se puede precisar con el informe de CONACYT titulado: “Informe general del estado de la ciencia, la tecnología y la innovación” [5]. En dicho informe se menciona que el monto total de transacciones (exportaciones e importaciones) por transferencia tecnológica de México

con el extranjero fue de 552.0 millones de dólares. Sin embargo, de este conjunto de transacciones sólo 150.8 millones de dólares son de ingresos o exportaciones; mientras que se reportan 401.2 millones de dólares de egresos o importaciones, en otros términos, en 2019 se tuvo un déficit de 250.41 millones de dólares. Este déficit se refleja en lo que se conoce como la Balanza de Pagos Tecnológica (BPT), la cual se define como el monto total de las transacciones no tangibles relacionadas con el comercio de conocimientos técnicos (patentes, inventos, modelos o diseños) y servicios relacionados con la tecnología (servicios de asistencia técnica, investigación y desarrollo) entre diferentes naciones. Esta balanza de pagos comprueba que la tasa de cobertura (ingresos/egresos) para México es menor a 1, exactamente 0.38 en 2019. Un buen objetivo sería que los montos por ingresos y egresos fueran similares (tasa de cobertura 1) o, aún mejor, que los ingresos superaran a los egresos para tener una tasa mayor a 1, como ocurre en los países desarrollados; por ejemplo, Japón que en 2018 tuvo una tasa de cobertura de 6.55 o Israel en donde la tasa de cobertura fue de 4.38 [6].

Recapitulando, si bien México es un país exportador de bienes de inversión de alta tecnología, también es un país con alta dependencia tecnológica. Para reducir dicha dependencia los pasos naturales a seguir son: 1) incrementar la inversión en ciencia y tecnología, 2) incrementar la formación de investigadores en sectores clave en el desarrollo tecnológico del país y 3) incrementar la relación academia-industria.

Los pasos antes mencionados no son ortogonales. De hecho, forman parte de un círculo virtuoso en el que una parte de lo

Año	Maestría	Doctorado
2016	83,802	8,475
2017	87,772	9,268
2018	94,890	9,310
2019	85,891	10,486

Tabla 1. Número de egresados de maestría y doctorado en México [5].

obtenido por los bienes de alta tecnología se reinvierte en ciencia y tecnología. Por otro lado, la producción de esos bienes y la generación de recursos para inversión requiere de una planta de investigadores robusta e involucrada con los problemas de la industria nacional.

La creación de un posgrado en CAR incide directamente en el reto relacionado con la formación de investigadores en sectores clave en el desarrollo tecnológico. Como puede verse en la Tabla 1, si bien el número de egresados en nuestro país a nivel maestría se mantiene arriba de los 83,000 y a nivel doctorado muestra un incremento año con año, las áreas del conocimiento están cubiertas de manera desigual. En 2016 sólo el 6.31% de los egresados de maestría se formaron en las áreas de ingeniería, manufacturas y construcción mientras que apenas un 3.57% se habilitó en el área de ciencias naturales, exactas y de la computación. Con respecto a la distribución de los egresados de programas doctorales en ese mismo año sucede algo similar. De estos números se desprende la

importancia de seguir contribuyendo en la formación de recursos humanos a nivel posgrado en las áreas de ciencias básicas e ingenierías con el fin de fortalecer la investigación científica y la innovación tecnológica en estas disciplinas.

Posgrados relacionados con el CAR

Buscando en la WEB, en el listado de posgrados de la ANUIES, así como en el listado de planes y programas de estudio dentro del PNPC de CONACYT, identificamos tres grupos de programas relacionados con el CAR.

A. Posgrados en CAR en México

El primer grupo, contiene los planes y programas de estudio existentes en el país en donde el CAR es mencionado explícitamente. Del estudio observamos que existe únicamente una especialización en Cómputo de Alto Desempeño en la UNAM. Existen varias instituciones ofrecen planes de estudios (en computación, sistemas digitales u optimización y matemáticas aplicadas) con una opción terminal orientada al CAR, entre ellos podemos citar: la maestría en Optimización y Cómputo Aplicado de la UAEM con una línea de investigación en Optimización y CAR, la Maestría y Doctorado en Ciencias en Sistemas Digitales en el CITEDIPN con una línea de investigación en Cómputo Inteligente de Alto Rendimiento, la Maestría en Ciencias de la Computación del CIC-IPN con una línea de investigación en Sistemas y Tecnologías Computacionales de Alto Desempeño, finalmente la Maestría y Doctorado en Ciencias Computacionales en el INAOE con una línea de investigación en Cómputo Reconfigurable de Alto Desempeño. Estos planes tienen la característica de ofrecer una alternativa relacionada al CAR como opción para gra-

duarse, sin embargo su principal objetivo no es el estudio del CAR.

B. CAR como LGAC en Posgrados en México

El segundo grupo, contiene los planes de estudio en Ciencias de la Computación o similares que cultivan Líneas Generales de Aplicación del Conocimiento (LGAC) relacionadas con el cómputo científico, cómputo paralelo, modelado y/o visualización. El conjunto de instituciones que están en este grupo es enorme y en él están un porcentaje significativo de los planes y programas de estudio de todo el país. Entre ellos podemos mencionar los planes de las principales instituciones como UNAM, IPN, UAM, CINVESTAV, CICESE, etc. Sin embargo, estos planes de estudio solo tocan de manera tangencial el CAR.

C. Posgrados en CAR en el extranjero

El tercer grupo contiene los programas de posgrado en CAR que se ofrecen en otros países. Este listado es enorme y por ello es difícil hacer una mención de todos ellos, solo mencionaremos algunos: Master and PhD in Computational and Mathematical Engineering in Stanford University, Master in HPC in Trinity College, Master in High Performance Computing in The University of Dublin, Irlanda, Master in HPC in Universidad Politécnica de Cataluña, España, Master in HPC in Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati, Trieste, Italia, Master in scientific Computing in University of Cambridge, U.K., Graduate Program in Scientific Computing in University of Western Ontario, Canada, Master in Computational Science, Mathematics and Engineering in University of California, San Diego, Computational Science Dual Degree Program in University of Tsukuba, Japón

Campo de trabajo

Las posibles fuentes de trabajo para los egresados de un posgrado en CAR en la iniciativa privada son innumerables puesto que sus conocimientos son aplicables en muchos campos industriales entre los que podemos listar: las telecomunicaciones, la industria automotriz para el diseño de nuevos componentes, la investigación de nuevos materiales, el diseño de nuevos fármacos, el análisis de imágenes, la simulación de órganos humanos, la animación por computadora, aplicaciones de la inteligencia artificial que requieren el uso del CAR, aplicaciones de la ciencia de datos para el procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos, etc.

Por otro lado, las competencias de un egresado del CAR también son de mucha utilidad en el sector público. Además de las instituciones académicas, también son empleadores potenciales aquellas instituciones como el IMP, PEMEX, CFE, INEEL (Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias), el Instituto de investigaciones genómicas, etc., en las que el quehacer propio es fuente de proyectos susceptibles de ser desarrollados empleando CAR.

Conclusiones

El CAR ha probado ser un potente catalizador para el desarrollo de diversos campos científicos y tecnológicos a nivel mundial y, en consecuencia, para el desarrollo de la economía global. En otras palabras, cultivar el CAR es de extrema importancia para que un país enfrente con éxito los retos de un mundo cada vez más desafiante.

Como se indica en la sección anterior, en México existe un amplio campo laboral

para los profesionales e investigadores en CAR, sin embargo, al revisar el estado del posgrado en CAR en nuestro país, vemos que, si bien se le ha comenzado a incluir entre las LGAC, aún no se ofrecen programas dedicados exclusivamente a la formación de recursos humanos en esta área.

Considerando lo anterior, a través de este artículo, expresamos la urgencia de crear y ofrecer posgrados especializados en Cómputo de Alto Rendimiento y convocamos a la comunidad a que se sume a los esfuerzos para que así suceda.

Referencias

- [1] Horizon 2020, consulta 2022, shorturl.at/knX37.
- [2] Commission adopts new rules to support important projects of common European interest. consulta 2022, shorturl.at/PQUZ5.
- [3] Council on Competitiveness and USC-ISI Broad Study of Desktop Technical Computing End Users and HPC, consultado 2022, shorturl.at/bfhU9
- [4] Exportaciones de productos de alta tecnología, consultado 2022, shorturl.at/jsv45.
- [5] Informe del 2019 de CONACYT, Informe general del estado de la ciencia, la tecnología y la innovación, consultado 2022, shorturl.at/ijtxz.
- [6] Informe del 2018 de CONACYT, Informe general del estado de la ciencia, la tecnología y la innovación, consultado 2022, shorturl.at/avW03