

Sistema computacional de alto rendimiento para la simulación de fluidos geofísicos HPC-Linux-Clúster

Ivonne Montes, Dra.¹; Kobi Mosquera, Dr.¹; María Rosa Luna, Ing¹; Huber Gilt, M.Sc.¹; Didier Gazen, Dr.²; Ronald Woodman, Ph.D.¹

¹Instituto Geofísico del Perú

²Laboratorio de Aerología de Toulouse (Francia)

El sistema computacional de alto rendimiento para la simulación de fluidos geofísicos HPC-Linux-Clúster, con el que actualmente cuenta el Instituto Geofísico del Perú (IGP), es una plataforma moderna de última generación dedicada al cálculo científico intensivo. Esta infraestructura ha sido implementada para proporcionar los recursos computacionales (e.g., horas de cálculo) requeridos para realizar las investigaciones científicas de alto nivel que se desarrollan en el IGP, fundamentalmente aquellas relacionadas al estudio de la dinámica de fluidos geofísicos. Además, lo más importante de este proyecto es que no solo tiene como beneficiario al IGP, sino también a la comunidad científica peruana (e.g., universidades, institutos, etc.), siendo su fin último el contribuir al desarrollo científico y tecnológico del Perú.

La necesidad de este sistema computacional se basa en que, como es de conocimiento, los procesos físicos involucrados en el campo de la geofísica pueden ser cercanamente representados a través de ecuaciones diferenciales parciales, las cuales tratan

de describir su evolución espacial y temporal (es decir, su dinámica). Dichas ecuaciones no pueden ser resueltas analíticamente (i.e., no pueden tener soluciones con funciones matemáticas) debido a la complejidad del sistema, por lo que se requiere de otras técnicas numéricas para obtener una solución aproximada. La técnica o método numérico más común implica transformar el medio, de un dominio continuo a uno discreto, es decir, a una malla dividida en pequeñas celdas donde las ecuaciones diferenciales puedan ser “discretizadas” y, finalmente, resueltas. Esto forma parte del modelado numérico científico, el cual es muy usado para estudiar y tratar de entender el sistema complejo del mundo real. Esta técnica, en algunos casos, permite simplificar el costo de la experimentación real, así como generar una serie de experimentos idealizados sobre situaciones observadas (y no observadas) a fin de ganar entendimiento y contribuir a la solución de problemas en muchas áreas del conocimiento (e.g., Segura et al., 2014).

En la actualidad, a nivel mundial, el desarrollo y empleo de modelos numéricos implica el uso de supercomputadores y/o computadoras de alto rendimiento para resolver problemas que involucren la dinámica de la Tierra, su interacción con los seres vivos, los procesos naturales que pueden afectar al ser humano y el efecto de este sobre los procesos físicos naturales en diferentes escalas de espacio y tiempo (e.g., sobre todo el planeta o una región en particular y en el pasado, presente o futuro). Por lo tanto, este tipo de arquitectura computacional permite abordar temas de naturaleza muy compleja, tal es el caso de las investigaciones relacionadas al cambio climático global. Por ejemplo, el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*) basa sus resultados en las salidas numéricas de modelos climáticos que incluyen dentro de sus componentes la interacción entre el océano, la atmósfera y la Tierra para entender los diferentes posibles escenarios del cambio climático a nivel global, los cuales son de utilidad para la toma de decisiones. Por lo tanto, hoy en día es una exigencia el uso de modelos numéricos para mejorar la comprensión de los fenómenos geofísicos a fin de contribuir a un mejor pronóstico



El HPC-Linux-Clúster se encuentra ubicado en el Laboratorio de Dinámica de Fluidos Geofísicos Computacional del IGP.

de los mismos y, finalmente, a la mitigación de daños mediante la toma de decisiones.

Para el caso particular del Perú, actualmente surge la necesidad que la comunidad científica nacional tome mayor interés en entender los procesos geofísicos que representan una amenaza para la población. Por ejemplo, si bien los modelos climáticos han ayudado a entender los posibles efectos del cambio climático en forma global, no son claros con respecto a la representación de las variaciones climáticas locales o regionales. Por un lado, los modelos muestran ser más realistas en la representación de los fenómenos globales, tales como El Niño-Oscilación del Sur (ENSO, cuya fase cálida es llamada El Niño y fase fría La Niña), y en su estado climático base en el Pacífico Tropical, señalando una alta probabilidad de que el ENSO será el modo dominante de variabilidad interanual en el futuro (lo que podría aumentar la variabilidad en las precipitaciones en nivel regional debido a una mayor disponibilidad de humedad atmosférica). Por otro lado, a nivel regional y para el caso particular de la costa peruana, las proyecciones son dudosas, ya que todos los modelos climáticos muestran errores persistentes o sistemáticos en la representación del clima actual. Especialmente, muestran un sesgo cálido sobre la temperatura superficial del mar y un exceso en la precipitación del Pacífico. A pesar de que estos errores persistentes o sistemáticos fueron documentados hace 20 años, la comunidad científica internacional ha progresado poco en su solución. Esto es probablemente debido a la complejidad del problema y al hecho de ser temas de relativamente baja prioridad para la comunidad internacional (Takahashi, 2014).

Es así que el IGP, a través de su Laboratorio de Dinámica de Fluidos Geofísicos Computacional, viene haciendo uso del modelado numérico científico en temas fundamentales: los mecanismos del Fenómeno de El Niño, el rol del océano sobre el clima, la evaluación del cambio climático en el Perú y sus impactos sobre la sociedad. Dichos fenómenos, junto a otros temas relacionados a la geofísica, requieren, por su naturaleza compleja, gran capacidad de cómputo, es decir, máquinas capaces de procesar cálculos matemáticos a gran velocidad a fin de lograr una solución aproximada del sistema complejo. Por lo tanto, el HPC-Linux-Clúster se presenta como la infraestructura de última generación capaz de suplir la necesidad computacional de las investigaciones dedicadas a resolver y analizar problemas geofísicos (naturales y antropogénicos) que afectan a la población peruana y sus actividades, así como

incrementar la capacidad de pronóstico y contribuir con el proceso de toma de decisiones que permita establecer estrategias para reducir la vulnerabilidad actual en el Perú.

HPC-Linux-Clúster es ahora una de las herramientas computacionales más grandes y poderosas a disposición de la comunidad científica peruana, la cual fue adquirida gracias al Convenio de Subvención N°101-2014-FONDECYT, a los proyectos de colaboración SPIRALES 2012 IRD-IGP, Manglares IGP (IDRC) y al Programa Presupuestal 068. Dicho sistema cuenta con 26 nodos computacionales (procesadores Xeon 2.5GHz y 1.9GHz), 552 núcleos, ~2.56TB de memoria principal total, un dispositivo de almacenamiento de 400TB, conexiones Infiniband (QDR y FDR) y alcanza una capacidad teórica pico de ~20 TFLOPS. Además, por su diseño 'tipo clúster', permite un crecimiento computacional continuo, de acuerdo a las necesidades y recursos disponibles, consintiendo así ampliar el conocimiento de los fenómenos geofísicos naturales y antropogénicos. El entorno de HPC-Linux-Clúster proporciona todas las herramientas y bibliotecas para desarrollar y ejecutar aplicaciones/programas/modelos secuenciales o paralelos. En la actualidad, se cuenta con 18 usuarios pertenecientes al IGP cuyas actividades contemplan la implementación, calibración, optimización y desarrollo de modelos numéricos, así como el procesamiento de información periódica para el monitoreo del Fenómeno El Niño. Dicha información forma parte del producto "Estudios para la estimación del riesgo de desastres" del Programa Presupuestal por Resultados 068: "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres".

El sistema computacional de alto rendimiento para la simulación de fluidos geofísicos HPC-Linux-Clúster se encuentra disponible para la comunidad científica nacional a través del Laboratorio de Dinámica de Fluidos Geofísicos Computacional del IGP, al cual se puede acceder a través de la página web <http://scah.igp.gob.pe/laboratorios/dfgc/> o escribiendo a dfgc@igp.gob.pe.

Referencias

Segura, B., I. Montes, y K. Mosquera, 2014: Evolución del Sistema Computacional de Alto Rendimiento en el IGP para un mejor pronóstico y estudio de los fenómenos climáticos, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", 1, 11, 4-7, Instituto Geofísico del Perú.

Takahashi, K., 2014: El Niño y el cambio climático, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", 1, 5, 4-7, Instituto Geofísico del Perú.