



  
Kan Balam Supercomputadora de la UNAM

# SUPERCOMPUTADORAS

**100** UNAM  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE MEXICO  
1910 - 2010



Año 1, No. 1

Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Naucalpan  
U.N.A.M.

# Supernovas Simuladas en Supercomputadoras del Siglo XXI.

Alfredo J. Santillán, Liliana Hernández-Cervantes y José Franco

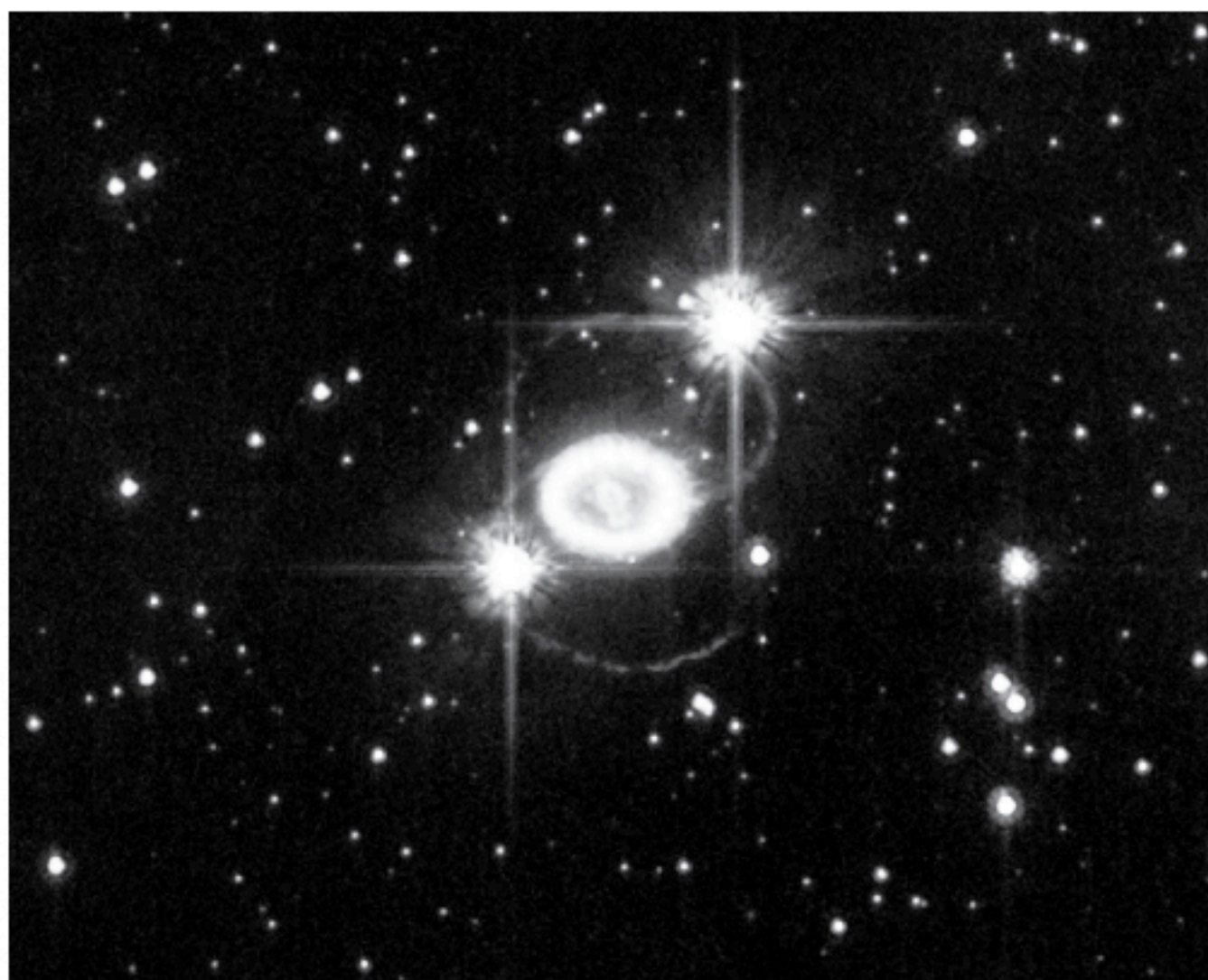
En la actualidad es difícil imaginar el desarrollo de cualquiera de las ciencias y de las ingenierías sin el uso de poderosas computadoras localizadas en diferentes partes del mundo.

De acuerdo con la lista TOP 500 Supercomputers Sites (<http://www.top500.org>), desde noviembre de 2009 y hasta la fecha (agosto de 2010) Jaguar es la supercomputadora más potente del planeta. Se utiliza para estudiar con detalle una variedad de problemas científicos complejos vinculados a la astrofísica, biología, ciencias computacionales, clima, física, fusión nuclear, ingeniería, materiales y química. Obviamente, nos preguntamos qué tiene de maravilloso esta supercomputadora para que se dedique a semejantes tareas.

Jaguar se localiza en el National Center for Computational Sciences (NCCS) en el Laboratorio Nacional Oak Ridge (ORNL) de los Estados Unidos. Fue fabricada por CRAY the Supercomputer Company; está

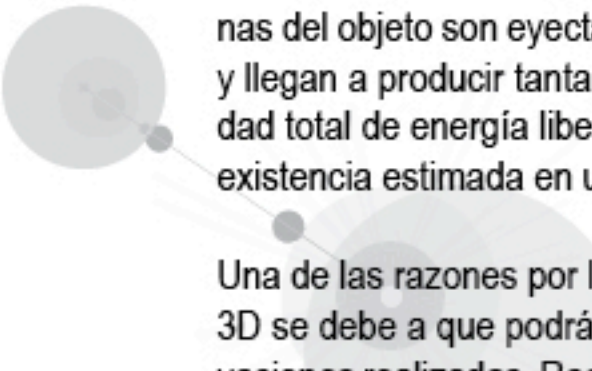

compuesta por un conglomerado de procesadores divididos en dos grandes bloques: 18 mil 688 nodos de cálculo dual hex-core AMD Opteron 2435 (Istanbul), lo cual permite tener a disposición de los usuarios un total de 224 mil 256 núcleos de procesamiento; además de contar con 300 TB (300 millones de MB aproximadamente) de memoria RAM. Esta batería de procesadores es capaz de ejecutar 2 mil 300 billones de operaciones de punto flotante por segundo (2.3 petaflop/s). Por otro lado, cuenta con un segundo segmento de 7 mil 832 nodos del tipo quad-core AMD Opteron 1354 (Buda-pest) que proporcionan un total de 31 mil 328 núcleos de procesamiento; la memoria RAM disponible es de 62 TB. Este segundo segmento puede realizar hasta 263 billones de operaciones de punto flotante por segundo (263 teraflop/s). Para tener una idea de lo que estamos hablando, si 6 mil personas pudieran utilizar un nodo de Jaguar de 12 núcleos, solamente estarían ocupado un tercio de los servicios computacionales disponibles del primer módulo.

Ahora la pregunta obligada es: ¿qué se puede investigar con una infraestructura computacional de tales características? En el caso particular de la astrofísica un grupo de investigadores del ORNL dirigidos por Anthony Mezzacappa desarrollan el primer modelo tridimensional (3D) para estudiar con detalle la explosión de supernova producida por el colapso del núcleo de una estrella masiva poniendo énfasis en el caso particular de la Supernova 1987A.



La figura 1 muestra recientes observaciones del Telescopio Espacial Hubble de la supernova 1987A.  
Créditos NASA, ESA, K. France (University of Colorado, Boulder), and P. Challis and R. Kirshner (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics)

Recordemos que las supernovas se originan cuando estrellas que nacen con masas mayores a 8 veces la del Sol, mueren de una forma extrema, colapsando su núcleo y



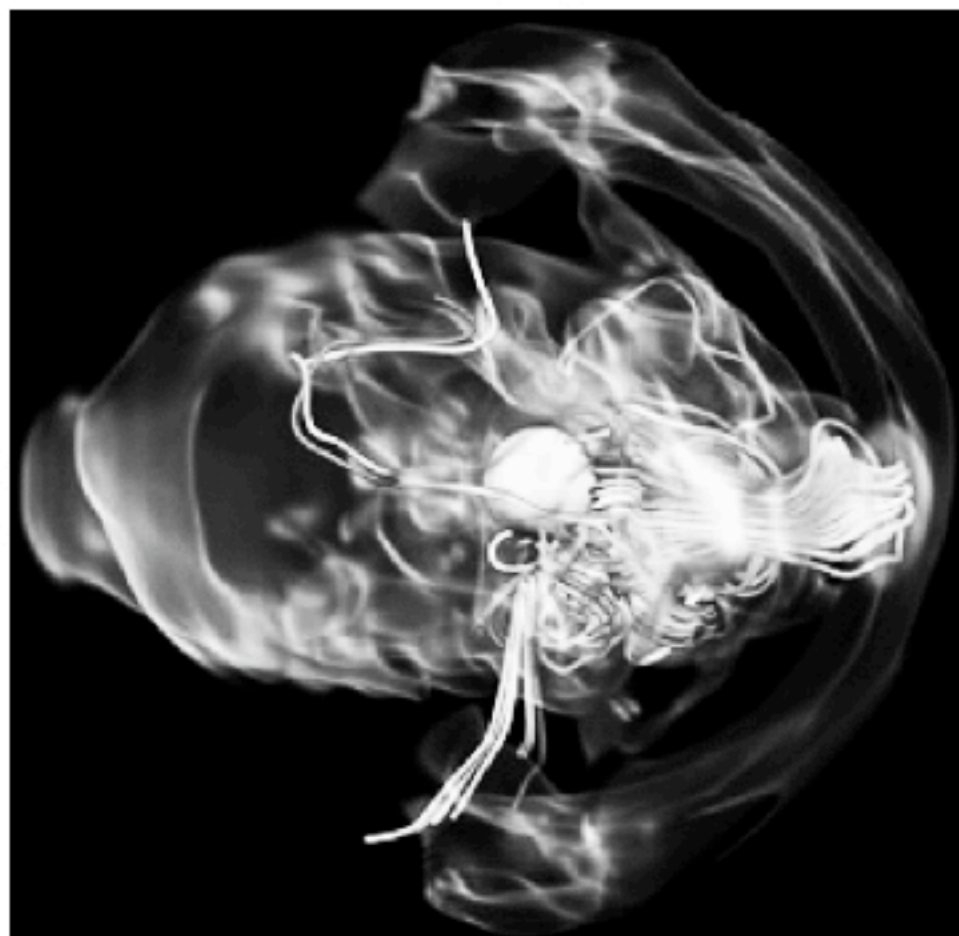
expulsando violentamente sus capas externas hacia el medio interestelar. Cuando una de estas estrellas se queda sin combustible nuclear, es decir, cuando cesan las reacciones termonucleares, el núcleo experimenta un colapso que da lugar a una estrella de neutrones o a un agujero negro. Instantes después de la implosión, las capas externas del objeto son eyectadas a grandes velocidades (miles de kilómetros por segundo) y llegan a producir tanta luz como la de miles de millones de estrellas juntas. La cantidad total de energía liberada supera la energía emitida por el Sol a lo largo de toda su existencia estimada en unos 10 mil millones de años.

Una de las razones por la cuál el grupo de científicos del ORNL desarrollan un modelo 3D se debe a que podrán comparar los resultados de sus simulaciones con las observaciones realizadas. Recordemos que la SN1987A es el evento explosivo más cercano observado en los últimos 400 años. Gracias a esto y a los avances tecnológicos de la época (1987) se pudieron detectar por vez primera en la historia neutrinos producidos por una supernova, estos son difíciles de encontrar en nuestro planeta y son responsables en gran medida de la expulsión del material de la estrella hacia el espacio exterior. Para realizar dicho modelo, utilizan un código numérico conocido como Chimera que se ha empleado para simular el colapso del núcleo de una estrella masiva. Este programa tiene tres componentes principales: un código hidrodinámico astrofísico; conocido como MVH3/VH1, capaz de calcular el movimiento del material dentro de la estrella; un código de transporte de neutrinos (MGFLDTRANS) que sigue la evolución de estas partículas y su interacción con el material de la estrella; y finalmente, un código cinético nuclear (XNET) que calcula las reacciones nucleares que tienen lugar durante la evolución de la explosión.

Como podemos ver la cantidad de aspectos físicos involucrados es muy amplio, ni que decir de la complejidad de las ecuaciones que se necesitan resolver para obtener información detallada sobre este problema, y precisamente esto es lo que consume enormes recursos computacionales. Resultados típicos de estas simulaciones se pueden ver a continuación<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> (Para una descripción más detallada del código Chimera, se recomienda ver Messer et al. 2007).



Representación de un resultado típico de las simulaciones numéricas donde las líneas de colores representan líneas de flujo durante el colapso del núcleo de una supernova. La visualización fue realizada por D. Pugmire (ORNL), y los cálculos numéricos por los investigadores E. Endeve, C. Cardall, R. Budiardja y A. Mezzacappa.

En particular para este proyecto se solicitaron 60 millones de horas de procesador, es decir, más de 6 mil 800 años de tiempo de CPU. En otras palabras, una computadora con un procesador de un núcleo necesitaría casi 7 mil años para consumir este tiempo de procesamiento. Por fortuna, existen otras opciones computacionales que nos permiten optimizar el tiempo de cálculo reduciendo de manera significativa el tiempo real para obtener un resultado. Como se mencionó anteriormente, Jaguar cuenta con más de 200 mil núcleos de cálculo que podrían utilizarse en forma paralela, es decir, que varios núcleos pueden trabajar simultáneamente para resolver un problema. Por ejemplo, si utilizamos mil núcleos en paralelo, los 6 mil 800 años se reducirían a menos de 7 años. Mientras que esta cifra caería drásticamente a menos de 9 meses, si se utilizaran sólo 10 mil núcleos al mismo tiempo.

En suma, gracias al descomunal avance tecnológico y a la generación de conocimiento a lo largo de la historia humana, nos permite hasta el momento, comprender mejor una variedad de fenómenos que ocurren en la naturaleza y en nuestro Universo. Entre más

detallada queramos la descripción de un fenómeno, más procesos físicos tendrán que ser involucrados y, por lo tanto, se requerirán mayores y más sofisticados recursos computacionales.

Agradecemos al proyecto PAPIIT IN121609 por el apoyo prestado y Abraham Vilchis por sus correcciones y comentarios.

### **Bibliografía.**

Campus Party México 2010,  
<http://www.campus-party.com.mx/2010/index.html>

Jaguar: The World's Most Powerful Computer. For Science!  
<http://www.youtube.com/watch?v=zx677CceBAc>

National Center for Computational Sciences,  
<http://www.nccs.gov/>

Messer, O.E.B., Bruenn, S.W., Blondin, J.M., Hix, W.R., Mezzacappa, A. & Dirk, C.J., Petascale Supernova Simulation with CHIMERA, *Journal of Physics: Conference Series* 78 (2007) 012049.