

# Estudios de Restos de Supernovas, Gas Interestelar y Formación de Estrellas

Cuando las estrellas llegan al fin de su evolución, algunas terminan sus días apagándose lentamente, mientras que otras mueren con una explosión violenta: una **supernova**, que perturba un enorme espacio a su alrededor, creando hermosas nebulosas y modificando irreversiblemente su entorno, pudiendo hasta inducir la formación de nuevas estrellas.

Nuestro grupo ha sido pionero en el mundo en la producción de imágenes de muy alta resolución angular de remanentes de supernovas extensas.

## Objetivos de nuestra investigación

Comprender los fenómenos físicos y químicos que ocurren en el gas interestelar como consecuencia de la acción de estrellas de alta masa durante todas sus fases evolutivas y en particular luego de su explosión como supernova. Nuestro equipo de trabajo investiga:

- ✓ Consecuencias de la interacción entre los frentes de choque originados en la explosión y las inhomogeneidades del medio interestelar circundante.
- ✓ Producción de partículas relativistas en los frentes de choque.
- ✓ Origen de la radiación gamma detectada en remanentes de supernovas y de los rayos cósmicos galácticos.
- ✓ Naturaleza de los objetos compactos (estrellas de neutrones y agujeros negros) que pueden formarse por la explosión de una supernova
- ✓ Nacimiento de estrellas nuevas ya sea desencadenado por explosiones de supernovas u otros eventos expansivos menos violentos.

## Instrumentos utilizados

- Para llevar a cabo nuestras investigaciones se utilizan diferentes instrumentos tanto terrestres como espaciales, tales como:
- Extended Very Large Array (EVLA, EEUU)
  - Giant Metrewave Radio Telescope (GMRT, India)
  - Australia Telescope Compact Array (ATCA, Australia)
  - Dominion Radio Astrophysical Observatory (DRAO, Canadá)
  - Atacama Submillimeter Telescope Experiment (ASTE, Japón-Chile)
  - Telescopios orbitales XMM-Newton, Chandra, Integral
  - Bases de datos públicas

## Equipo de trabajo

- Dra. Gloria Dubner:** Inv. Principal (CONICET)  
**Dra. Elsa Giacani:** Inv. Independiente (CONICET) - Prof. Adjunta (UBA)  
**Dra. Estela Reynoso:** Inv. Independiente (CONICET) - JTP (UBA)  
**Dra. Silvina Cichowolski:** Inv. Asistente (CONICET) - JTP (FCGALP)  
**Dra. Gabriela Castelletti:** Inv. Asistente (CONICET) - JTP (UBA)  
**Dr. Sergio Paron:** Inv. Asistente (CONICET) - Ayudante I (UBA)  
**Dr. Martín Ortega:** Becario Postdoctorado (CONICET)  
**Lic. Alberto Petriella:** Becario Posgrado (CONICET) - Ayudante II (UBA)

## Colaboraciones

El grupo mantiene estrecha colaboración con investigadores de numerosos centros nacionales e internacionales. Entre otros:  
 Instituto Argentino de Radioastronomía - Observatorio Astronómico de La Plata  
 - Observatorio Astronómico de Córdoba - Universidad de Chile - XMM-Newton  
 Science Operations Centre (España) - APC-Univ. Paris 7 (Francia) - National  
 Centre for Radioastrophysics (India) - Service d'Astrophysique (CEA - Francia)  
 - A.F. Ioffe Institute of Physics and Technology (Rusia) - Naval Research  
 Laboratory (EEUU) - Dominion Radio Astrophysical Observatory (Canadá) -  
 Institute for Applied problems in Mechanics and Mathematics (Ucrania), etc.

## Algunos resultados recientes



Sello postal de la serie emitida por el Correo Oficial de la República Argentina en ocasión de la conmemoración de los 50 años del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

En este estudio se produjo por primera vez una imagen de muy alta resolución angular de esta fuente a bajas frecuencias de radio. En base a esos datos analizamos los cambios de energía en las partículas relativistas del frente de choque interactuando con el gas molecular circundante.

Imagen del resto de supernova W44 combinando la emisión en ondas de radio (azul) observada con el VLA y la emisión infrarroja (verde y rojo) detectada con el telescopio espacial Spitzer.




Imagen del resto de la supernova 1006 combinando la emisión en ondas de radio (rojo) detectada con el VLA y el ATCA y rayos X no térmicos (azul) y térmicos (verde) detectados con Chandra.

Con esta observación estudiamos la aceleración de rayos cósmicos en el frente de choque expansivo. Esta es la imagen con mayor resolución angular conocida de este resto de supernova histórico.



Combinación de la primera imagen de alta fidelidad del resto de SN IC443 obtenida en bajas frecuencias de radio (rojo) con la emisión óptica (azul).

Las nuevas imágenes de IC 443 fueron usadas para estudiar los diferentes factores responsables de la morfología de esta fuente y para avanzar en la comprensión de la física que gobierna su evolución.



Sobre la base de estudios en varias frecuencias explicamos el origen de la emisión gamma a partir de la formación de estructuras masivas de las nubes de gas molecular, las cuales en sus distintas etapas evolutivas acelerarían partículas hasta altas energías.

Imagen en tres colores de la emisión en radio e infrarrojo al rededor del resto de SN G335.6-0.4 (rojo: 6 µm, verde: 2.4 µm, azul: 20 cm). Los contornos negros delimitan la emisión del resto de SN, los blancos trazan las nubes moleculares en su vecindad y el círculo amarillo indica la posición de la fuente gamma HESS J1858.58+020.



Utilizando el telescopio japonés ASTE se observaron varias líneas moleculares en dirección a una protoestrella, detectando los chorros de gas molecular producidos por los procesos de formación estelar.

Imagen en tres colores de la emisión en infrarrojo hacia un sector del resto de SN W44. En rojo se destacan los bordes de una región de H II y en contornos blancos se delimita la emisión en continuo de radio de esta y de W44.

Esquema tridimensional de los chorros de gas molecular.



En rojo se destaca la emisión en infrarrojo hacia la región H II N65 y en verde se observa la cáscara de gas molecular que la rodea.

Sobre la base de observaciones multiespectrales de descubrimos que la expansión de la región H II N65 está generando la formación de estrellas en la cara molecular que la rodea (cruces en la figura).



Sobre la base de observaciones en varias frecuencias de radio realizadas con el radiotelescopio VLA detectamos varias nebulosas alimentadas por el viento de un pulsar en el interior de restos de supernovas.




Imagen óptica (DSS2-red) de la región H II Sh2-165. Dentro del recuadro amarillo se observa la presencia de un anillo brillante, el cual evidencia la acción de la estrella de alta masa que ioniza la superficie de los grupos moleculares, generando las condiciones propicias para la formación estelar en su interior.

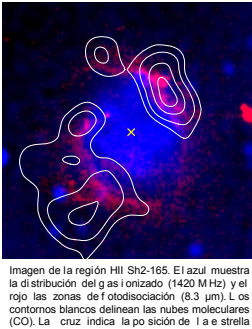


Imagen de la región H II Sh2-165. El azul muestra la distribución del gas ionizado (1420 MHz) y el rojo las zonas de fotodisociación (8.3 µm). Los contornos blancos delimitan las nubes moleculares (CO). La cruz indica la posición de la estrella generatriz de la región.

En base a un estudio multiespectral (óptico, continuo de radio, infrarrojo y líneas moleculares) realizamos la región de gas ionizado Sh2-165. En particular estudiamos su rol como agente de formación de nuevas estrellas en las nubes moleculares que la bordean.

Las observaciones permitieron descubrir la presencia de objetos estelares jóvenes en la zona.

# Estudios de Restos de Supernovas, Gas Interestelar y Formación de Estrellas

*Cuando las estrellas llegan al fin de su evolución, algunas terminan sus días apagándose lentamente, mientras que otras mueren con una explosión violenta: una **supernova**, que perturba un enorme espacio a su alrededor, creando hermosas nebulosas y modificando irreversiblemente su entorno, pudiendo hasta inducir la formación de nuevas estrellas.*

Nuestro grupo ha sido pionero en el mundo en la producción de imágenes de muy alta resolución angular de remanentes de supernovas extensas.

## Objetivos de nuestra investigación

Comprender los fenómenos físicos y químicos que ocurren en el gas interestelar como consecuencia de la acción de estrellas de alta masa durante todas sus fases evolutivas y en particular luego de su explosión como supernova. Nuestro equipo de trabajo investiga:

- ✓ Consecuencias de la interacción entre los frentes de choque originados en la explosión y las inhomogeneidades del medio interestelar circundante.
- ✓ Producción de partículas relativistas en los frentes de choque.
- ✓ Origen de la radiación gamma detectada en remanentes de supernovas y de los rayos cósmicos galácticos.
- ✓ Naturaleza de los objetos compactos (estrellas de neutrones y agujeros negros) que pueden formarse por la explosión de una supernova
- ✓ Nacimiento de estrellas nuevas ya sea desencadenado por explosiones de supernovas u otros eventos expansivos menos violentos.

## Instrumentos utilizados

- Para llevar a cabo nuestras investigaciones se utilizan diferentes instrumentos tanto terrestres como espaciales, tales como:
- Extended Very Large Array (EVLA, EEUU)
  - Giant Metrewave Radio Telescope (GMRT, India)
  - Australia Telescope Compact Array (ATCA, Australia)
  - Dominion Radio Astrophysical Observatory (DRAO, Canadá)
  - Atacama Submillimeter Telescope Experiment (ASTE, Japón-Chile)
  - Telescopios orbitales XMM-Newton, Chandra, Integral
  - Bases de datos públicas

## Equipo de trabajo

- Dra. Gloria Dubner:** Inv. Principal (CONICET)  
**Dra. Elsa Giacani:** Inv. Independiente (CONICET) - Prof. Adjunta (UBA)  
**Dra. Estela Reynoso:** Inv. Independiente (CONICET) - JTP (UBA)  
**Dra. Silvia Cichowski:** Inv. Asistente (CONICET) - JTP (FCGALP)  
**Dra. Gabriela Castelletti:** Inv. Asistente (CONICET) - JTP (UBA)  
**Dr. Sergio Paron:** Inv. Asistente (CONICET) - Ayudante I (UBA)  
**Dr. Martín Ortega:** Becario Postdoctorado (CONICET)  
**Lic. Alberto Petriella:** Becario Posgrado (CONICET) - Ayudante II (UBA)

## Colaboraciones

El grupo mantiene estrecha colaboración con investigadores de numerosos centros nacionales e internacionales. Entre otros:  
 Instituto Argentino de Radioastronomía - Observatorio Astronómico de La Plata  
 - Observatorio Astronómico de Córdoba - Universidad de Chile - XMM-Newton  
 Science Operations Centre (España) - APC-Univ. Paris 7 (Francia) - National  
 Centre for Radioastrophysics (India) - Service d'Astrophysique (CEA - Francia)  
 - A.F. Ioffe Institute of Physics and Technology (Rusia) - Naval Research  
 Laboratory (EEUU) - Dominion Radio Astrophysical Observatory (Canadá) -  
 Institute for Applied problems in Mechanics and Mathematics (Ucrania), etc.

## Algunos resultados recientes



Sello postal de la serie emitida por el Correo Oficial de la República Argentina en ocasión de la conmemoración de los 50 años del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

En este estudio se produjo por primera vez una imagen de muy alta resolución angular de esta fuente a bajas frecuencias de radio. En base a esos datos analizamos los cambios de energía en las partículas relativistas del frente de choque interactuando con el gas molecular circundante.

Imagen del resto de supernova W44 combinando la emisión en ondas de radio (azul) observada con el VLA y la emisión infrarroja (verde y rojo) detectada con el telescopio espacial Spitzer.




Imagen del resto de la supernova 1006 combinando la emisión en ondas de radio (rojo) detectada con el VLA y el ATCA y rayos X no térmicos (azul) y térmicos (verde) detectados con Chandra.

Con esta observación estudiamos la aceleración de rayos cósmicos en el frente de choque expansivo. Esta es la imagen con mayor resolución angular conocida de este resto de supernova histórico.



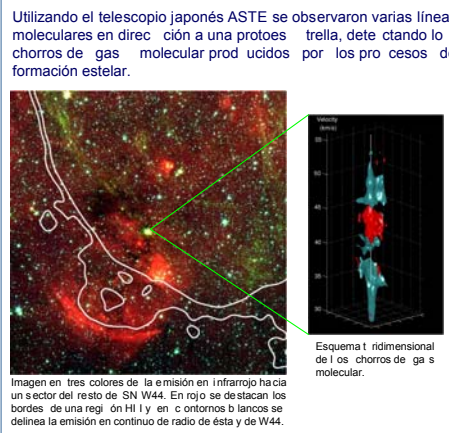
Combinación de la primera imagen de alta fidelidad del resto de SN IC443 obtenida en bajas frecuencias de radio (rojo) con la emisión óptica (azul).

Las nuevas imágenes de IC 443 fueron usadas para estudiar los diferentes factores responsables de la morfología de esta fuente y para avanzar en la comprensión de la física que gobierna su evolución.



Sobre la base de estudios en varias frecuencias explicamos el origen de la emisión gamma a partir de la formación de estructuras masivas de nubes de gas molecular, las cuales en sus distintas etapas evolutivas acelerarían partículas hasta altas energías.

Imagen en tres colores de la emisión en radio e infrarrojo al alrededor del resto de SN G335.6-0.4 (rojo: 6 μm, verde: 24 μm, azul: 20 cm). Los contornos negros delinean la emisión del resto de SN, los blancos trazan las nubes moleculares en su vecindad y el círculo amarillo indica la posición de la fuente gamma HESS J1858.58+020.



Utilizando el telescopio japonés ASTE se observaron varias líneas moleculares en dirección a una protonebula, detectando los chorros de gas molecular producidos por los procesos de formación estelar.

Imagen en tres colores de la emisión en infrarrojo hacia un sector del resto de SN W44. En rojo se destacan los bordes de una región H II y en contornos blancos se delinean la emisión en continuo de radio de esta y de W44.

Esquema tridimensional de los chorros de gas molecular.



En rojo se destaca la emisión en infrarrojo hacia la región H II N65 y en verde se observa la cáscara de gas molecular que la rodea.

Sobre la base de observaciones multiespectrales de descubrimos que la expansión de la región H II N65 está generando la formación de estrellas en la cáscara molecular que la rodea (cruces en la figura).



Sobre la base de observaciones en varias frecuencias de radio realizadas con el radiotelescopio VLA detectamos varias nebulosas alimentadas por el viento de un pulsar en el interior de restos de supernovas.

G341.2+0.9  
PSR B1706-44  
W44



Imagen óptica (DSS2-red) de la región H II Sh2-165. Dentro del recuadro amarillo se observa la presencia de un anillo brillante, el cual evidencia la acción de la estrella de alta masa que ioniza la superficie de los grupos moleculares, generando las condiciones propicias para la formación estelar en su interior.

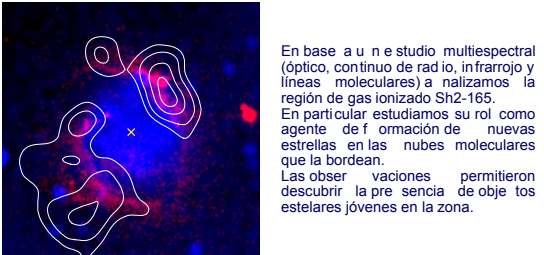


Imagen de la región H II Sh2-165. El azul muestra la distribución del gas ionizado (1420 MHz) y el rojo las zonas de fotodisociación (8.3 μm). Los contornos blancos delinean las nubes moleculares (CO). La cruz indica la posición de la estrella generatriz de la región.

En base a un estudio multiespectral (óptico, continuo de radio, infrarrojo y líneas moleculares) a realizamos la región de gas ionizado Sh2-165. En particular estudiamos su rol como agente de formación de nuevas estrellas en las nubes moleculares que la bordean. Las observaciones permitieron descubrir la presencia de objetos estelares jóvenes en la zona.