



SERRANO DE CIENCIA  
2009

# pequeña serenata Astronómica

Un paseo musical por el Universo de la mano de  
Wolfgang Amadeus Mozart y Miguel de Cervantes



**Jueves, 12 de Noviembre 19:30 h**

Concierto multimedia organizado por el  
Instituto de Estructura de la Materia - CSIC  
Salón de Actos de la Sede Central del CSIC  
Serrano 117 - Madrid





-Ya vees, Sancho hermano, el largo  
viaje que nos espera, y qué sabe  
Dios cuándo volveremos dél.  
Don Quijote de la Mancha  
Segunda Parte, Capítulo XLII.

## Pequeña Serenata Astronómica

es un concierto multimedia concebido para la divulgación de la astronomía mediante una creativa fusión de esta ciencia con la música y la literatura. Las más impactantes imágenes y simulaciones por ordenador de objetos astronómicos se combinan de forma divertida e imaginativa con las notas de la Pequeña Serenata Nocturna de Mozart y con un par de capítulos de nuestro Don Quijote de la Mancha. En apenas dieciséis minutos este apasionante viaje nos llevará por galaxias lejanas, agujeros negros, nebulosas, estrellas y planetas. La cuidada coreografía que une imagen y música en vivo junto con la recreación en clave astronómica de las aventuras del ilustre hidalgo manchego y su escudero, harán de este evento una experiencia diferente, muy alejada del estereotipo del concierto clásico.

Este folleto es un complemento a esta experiencia. Si el ritmo de la música hace que los conceptos astronómicos se encadenen a veces de forma frenética, aquí podrás encontrar explicaciones detalladas pero a la vez sencillas de todos ellos. ¿Qué es una lente gravitacional? ¿Qué dimensiones tiene típicamente una galaxia? ¿Cuántas estrellas hay en la Vía Láctea? ¿Cómo nacen las estrellas? Aquí encontrarás muchas respuestas. La música te guiará en este viaje por los secretos del cosmos.

## PROGRAMA

### **Petite Suite**

Claude Debussy

- I. *En bateau*
- II. *Cortège*
- III. *Menuet*
- IV. *Ballet*

### **Venus**

Gustav Holst

*"De cómo Don Quijote y Sancho llegaron por parte del cielo donde se hallan las Siete Cabrillas"*, breve disertación sobre conceptos astronómicos partiendo de un famoso pasaje del Quijote, a cargo de Juan Ramón Pardo.

### **Pequeña Serenata Astronómica**

W. A. Mozart

Piano: Raquel Hernández y Enrique López

Videos: A. Castillo y J. R. Pardo



Y diciendo esto, dio espuelas  
a su caballo Rocinante, sin  
atender a las voces que su  
escudero Sancho le daba.  
Don Quijote de la Mancha  
Primera Parte, Capítulo VIII.

# Estructura del Universo a gran escala

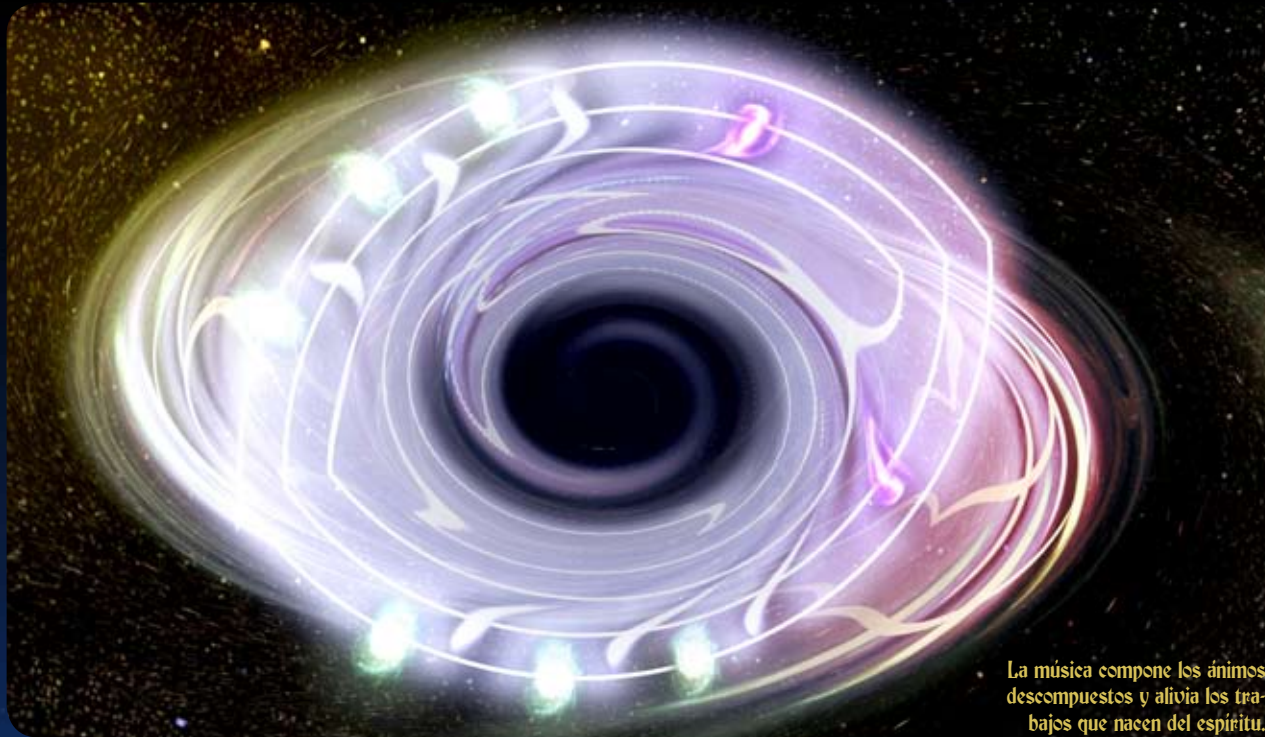
Imaginemos por un momento que la imagen del Universo fuera la superficie de los continentes de la Tierra vista por la noche. Resulta que encontraremos bastantes similitudes. Las luces que aparecen en la oscuridad sobre la Tierra corresponden a la posición de los núcleos de población. En el caso del Universo visto en su conjunto, cada punto luminoso corresponde a una galaxia. En la Tierra

hay zonas dénsamente pobladas donde esas luces parecen formar grandes cúmulos: En Japón, Europa, la costa Este de Estados Unidos... De igual modo, en el Universo vemos que hay grumos donde se acumulan muchísimas galaxias mientras que existen enormes espacios vacíos similares a la oscuridad absoluta que reina en los grandes desiertos terrestres o las zonas rurales. La materia brillante

del Universo, esa luz emitida por miles de millones de estrellas en cada una de los miles de millones de galaxias, está distribuida en forma de curiosos filamentos y densos nodos. No es en absoluto una distribución homogénea. Los astrónomos buscan explicación a esa distribución en algo que sucedió muy pocos momentos después de la creación del Universo según la teoría de la Gran Explosión (Big Bang).



*Comparación entre la distribución de la materia brillante en el Universo (galaxias) y la del alumbrado público en la Tierra. Nótese la falta de homogeneidad en ambos casos, respondiendo a patrones con cierta semejanza.*



La música compone los ánimos  
descompuestos y alivia los tra-  
bajos que nacen del espíritu.  
Don Quijote de la Mancha  
Primera Parte, Capítulo XXVIII

# Galaxias en colisión

Esas “ciudades” del Universo, las galaxias, albergan ingentes cantidades de materia a temperaturas muy bajas (cercanas o inferiores a los  $-200^{\circ}\text{C}$ ). Son “nubes oscuras” que representan la reserva de materia que la galaxia puede utilizar para crear nuevas estrellas. Pero para ello se necesita un estímulo que desencadene la compresión y, consecuentemente, el calentamiento de ese gas hasta las

temperaturas necesarias para que una nueva estrella comience a brillar. La colisión entre dos galaxias es uno de los fenómenos que puede aportar la gran cantidad de energía que es necesaria para que se produzca un brote de formación estelar a gran escala (nacimiento de decenas o centenares de millones de estrellas). Si un choque de trenes en la Tierra hace saltar chispas, un choque

de dos galaxias en el Universo hace que grandes cantidades de gas frío se compriman para formar estrellas a un ritmo muy superior al de una galaxia “normal”.

El telescopio espacial Hubble puede observar hoy galaxias situadas a miles de millones de años-luz de distancia. Dichas imágenes corresponden a un Universo en su juven-

tud, cuando los choques de galaxias eran mucho más frecuentes que ahora. De aquellos fenómenos nacieron enormes cantidades de estrellas. Muchas de las imágenes de esas galaxias jóvenes y lejanas aparecen distorsionadas debido al efecto de “lente gravitacional”, es decir, la desviación que sufre la luz al pasar cerca de zonas con fuertes campos gravitatorios.



Cúmulo de galaxias SDSS J1004+4112 situado a unos 7000 millones de años-luz de distancia. Esta imagen nos revela un estado del Universo con la mitad de su edad actual. Se pueden apreciar diversas galaxias en colisión así como imágenes deformadas de otras debido al efecto de “lente gravitacional”, causado por materia interpuesta entre esas galaxias y nosotros.



# Las galaxias

Como hemos dicho, según la analogía que estamos haciendo, una galaxia en el Universo vendría a equivaler a una ciudad en la Tierra. Sus habitantes serían las estrellas. Pero si una gran ciudad de la Tierra tiene cientos de miles o varios millones de habitantes, una galaxia está mucho más poblada: Varios miles o decenas de miles de millones de estrellas. Desde el punto de vista urbanístico muchas galaxias tienen un diseño similar: un centro con forma esférica y un extra-

rradio en forma de brazos espirales. Todo el conjunto resulta relativamente plano:  $100.000 \times 100.000 \times 20.000$  años-luz típicamente. Aunque similares, ninguna galaxia de los miles de millones que hay en el Universo es igual a otra. Como los copos de nieve. Nuestra protagonista en "Allegro Galáctico" es una espectacular galaxia espiral conocida como M51 que se encuentra a una distancia estimada entre los 23 y 37 millones de años-luz. Es una de las galaxias más famosas

del firmamento ya que está relativamente cerca y porque es una de las más brillantes que aparece de manera prácticamente frontal, de ahí su apodo de "Remolino", lo cual le otorga gran belleza. Las partes blanquecinas de la galaxia corresponden al brillo sumado

de sus estrellas, mientras que las partes oscuras se deben a grandes nubes de gas y polvo muy fríos ( $-200^\circ \text{C}$  o menos) que en un futuro darán origen al nacimiento de nuevas estrellas. Ciertas regiones de color rosado son precisamente áreas de formación estelar.



*Fotografía obtenida por el Telescopio Espacial Hubble de la galaxia M 51 y su compañera NGC 5195. Ambas se alejan de nosotros a una velocidad cercana a los 500 km/s, pequeña si la comparamos con las velocidades de recesión de las galaxias de la página anterior. Estas velocidades, que los astrónomos miden con facilidad gracias a cambios en las frecuencias de la radiación que emiten las galaxias (Efecto Doppler), son la prueba de la expansión del Universo.*

# Regiones de formación estelar

## Cúmulos estelares

Una gigantesca nube de gas y polvo dentro de una galaxia, con unas dimensiones típicas de unos centenares de años-luz de diámetro, puede albergar en su seno la formación de nuevas estrellas, desencadenada por una compresión debida, por ejemplo, a la explosión de una estrella gigante en los alrededores. Cuando las estrellas nacen en el seno de la nube, la luz que emiten la ilumina. Las finísimas partículas de polvo interestelar presentes en la nube reflejan la luz de esas nuevas estrellas como las nubes del atardecer en la tierra reflejan la luz del Sol. Por ello estas regiones de formación estelar adquieren bellos tonos rosados, ocre y verdosos, como los atardeceres terrestres pero a gran escala.

Estrellas jóvenes nacidas recientemente (hace unos pocos millones de años) se suelen encontrar todavía rodeadas tenuemente por restos del gas de la nube progenitora. Uno de los ejemplos más bonitos de estos grupos de estrellas es el cúmulo estelar de las Pléyades, mencionado en El Quijote como “Las Siete Cabrillas” en el imaginario vuelo que hidalgo y escudero hicieron a lomos de Clavileño. Según nuestra analogía del principio, esto sería una guardería espacial.



*Esta imagen de la Nebulosa de Orión muestra toda la grandeza de este auténtico criadero de estrellas, visible a simple vista, que se encuentra en nuestra vecindad de la Vía Láctea a “sólo” 1300 años-luz de distancia.*



*Este conjunto de estrellas, “las Siete Cabrillas” de las que habla Sancho en su imaginario viaje espacial a lomos de Clavileño, son unas recién nacidas (100 millones de años de edad, contra 4500 millones de años que tiene el Sol) que todavía están envueltas por parte del gas de la nube que les dio origen.*

- [Sancho] Y sucedió que íbamos por parte donde están las siete cabrillas, y en Dies y en mi ánima que como yo en mi niñez fui en mi tierra cabrerizo, que así como las vi, me dio una gana de entretenerme con ellas un rato.

Don Quijote de la Mancha, Segunda Parte, Capítulo XLI

# Estrellas

Y seguimos, los habitantes de las ciudades del Universo (galaxias) son las estrellas. Estas, como los seres humanos, son cada una distinta aunque guardan ciertas características comunes y se pueden clasificar en distintas "razas". Para empezar, no todas son del mismo color. Eso sí, los colores de las estrellas son bastante más variados que los colores de piel de los seres humanos. Las hay amarillas (como nuestro Sol), pero también rojizas, anaranjadas, blancas, azules... El color de las estrellas no es ni más ni menos que el reflejo de su temperatura superficial, como el color del hierro cuando lo calentamos en la fragua. Las estrellas rojas son las más frías (unos 3000° C) mientras que las azules son las más calientes (por en-

cima de 15000° C). Las amarillas son normalitas (6000° C), como nuestro Sol que es un tipo de estrella muy común. Luego están los bichos raros, como las enanas blancas, estrellas de neutrones... Muchas, al final de su vida se hinchan (gigantes rojas) y forman bellas nebulosas que devuelven al espacio la materia estelar, mientras que otras mueren de infarto, es decir, de manera repentina con una gran explosión (supernovas). El material procesado en el interior de las estrellas, enriquecido en elementos químicos más complejos, vuelve de esta manera al espacio para formar nuevas estrellas y sistemas planetarios. Con este enriquecimiento químico, la aparición de la vida en uno de esos sistemas es cada vez más posible.



*NGC 3603 es un inmenso racimo de miles de estrellas recién nacidas (hace uno o dos millones de años solamente) apelotonadas en un radio de unos diez años-luz en total. Es un ejemplo, dentro de la Vía Láctea, de lo que los astrónomos llaman "brotes de formación estelar", típicos, a escalas bastante mayores, en muchas galaxias lejanas.*



*Esta hermosa nebulosa nos muestra la apacible muerte de una estrella semejante a nuestro Sol. A diferencia de las estrellas masivas que mueren de forma violenta en explosiones de supernova, las estrellas modestas acaban sus días hinchándose poco a poco y liberando al espacio sus capas externas en un proceso que dura millones de años.*



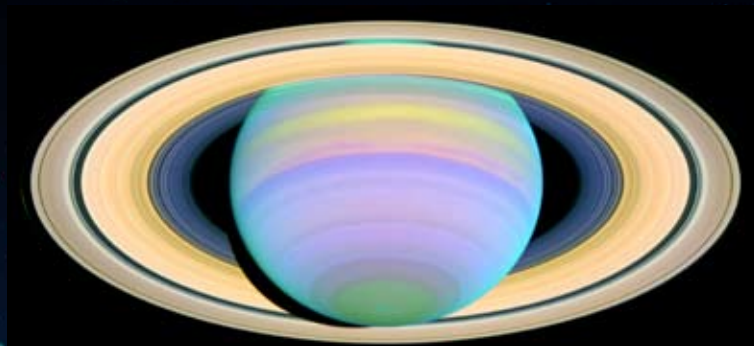
*Este atormentado objeto no es ni más ni menos que el resto de una colosal explosión que supuso el final de una estrella mucho más grande que el Sol. La explosión se vio en el cielo en el año 1054 y fue registrada en sus anales por astrónomos chinos. Este tipo de explosiones se conocen como "supernovas" y liberan una energía comparable a miles de millones de estrellas como el Sol.*



## Nacimiento de sistemas planetarios

Hasta 1995 no se tenían evidencias de la existencia de planetas alrededor de estrellas diferentes a nuestro Sol. Gracias a la puesta en marcha de modernos telescopios y sistemas de detección hoy en día se tiene constancia de la existencia de varios centenares de planetas alrededor de estrellas en la vecindad del Sol. La mayoría son bastante más grandes que la Tierra, pero ya se han detectado planetas más pequeños y rocosos, más parecidos al nuestro. Parece que lo de los sistemas planetarios es algo común en

el Universo. El proceso detallado de formación no se conoce todavía con precisión, aunque parece claro que los planetas están hechos con una ínfima porción sobrante de la nube de gas y polvo que originó la estrella (o estrellas) central del sistema. Los astrónomos investigan cuerpos como los meteoritos y cometas porque piensan que son fósiles de aquel material original que formó el Sistema Solar, de manera que nos pueden dar claves sobre aquella época tan pretérita (hace unos 4500 millones de años).



*Sin duda Saturno, con su magnífico anillo, es el planeta más bello del Sistema Solar. Saturno es un curioso cuerpo con menor densidad que el agua (flotaría en un inmenso océano capaz de contenerlo) con una cohorte de anillos y satélites sin igual.*



*Aunque se está descubriendo la existencia de muchos planetas alrededor de otras estrellas, pocos son los datos que podemos obtener todavía. Apenas una idea de su masa, tamaño y órbita alrededor de su estrella. Imaginar cómo serán esos nuevos mundos forma parte de la fascinación que sentimos por la Astronomía.*



**Antonio Castillo**  
*realización*

Es un diseñador gráfico diplomado que enfoca sus trabajos e inquietudes artísticas al mundo multimedia principalmente (vídeo, animación, infografía, web...) pero también al destino impreso y a la ilustración. Ha realizado sus estudios en la Escuela de Arte y Superior de Diseño de Valencia, con un Máster en creación digital en la UCV. Tras muchos trabajos propios ha encarado el proyecto "Pequeña Serenata Astronómica" para el Año Internacional de la Astronomía con la frescura que da acercarse a un tema por primera vez. El resultado ha sido una puesta en escena sorprendente y llena de imaginación.



**Juan Ramón Pardo**  
*guión*

Es licenciado en Física Fundamental y Astrofísica por la Universidad Complutense de Madrid y Doctor en Astrofísica y Técnicas Espaciales por la Universidad Pierre et Marie Curie de París. Ha trabajado para el Observatorio de París, NASA, Universidad de Columbia (Nueva York) y el Instituto Tecnológico de California. Actualmente es científico titular del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y trabaja en el Centro de Astrobiología en Torrejón de Ardoz (Madrid). Dentro del Nodo Español del Año Internacional de la Astronomía 2009 coordina a nivel nacional el proyecto "Música y Astronomía" que pretende divulgar de forma divertida esta apasionante ciencia con la ayuda de la música interpretada en directo.

**Raquel Hernández Carrión**  
**Enrique López Herreros**  
*piano*



Naturales de La Roda y Albacete respectivamente, ambos comenzaron sus estudios musicales con Arturo Moya en dicha capital Castellano-Manchega y posteriormente se trasladaron al Conservatorio Superior de música "Joaquín Rodrigo" de Valencia, donde tuvieron a muchos profesores en común y obtuvieron las máximas calificaciones.

A partir de mediados de los 90, y gracias a becas del Ministerio de Asuntos Exteriores y de la Junta de Castilla-La Mancha, coinciden en la Academia "Franz Liszt" de Budapest con profesores del prestigio de Rita Wagner o Ferenc Rados. A partir de ahí surgió la idea de disfrutar del repertorio de piano a cuatro manos y dos pianos. En el año 2004 obtuvieron el Tercer Premio del Certamen de Jóvenes Intérpretes de Castilla La Mancha. En su faceta de dúo al piano es de especial relevancia la influencia de Imre Rohmann, profesor del Mozarteum de Salzburgo.

El 13 de Junio de 2009 estrenaron con gran éxito en CaixaFórum Madrid el espectáculo multimedia "Los Planetas" para el Año Internacional de la Astronomía, con la versión para dos pianos de la suite homónima de Gustav Holst y los vídeos de José Francisco Salgado del Planetario Adler de Chicago. Dentro del proyecto "Música y Astronomía" abordan ahora la "Pequeña Serenata Astronómica" en una versión para piano a cuatro manos de la famosa serenata KV525 de Mozart.

