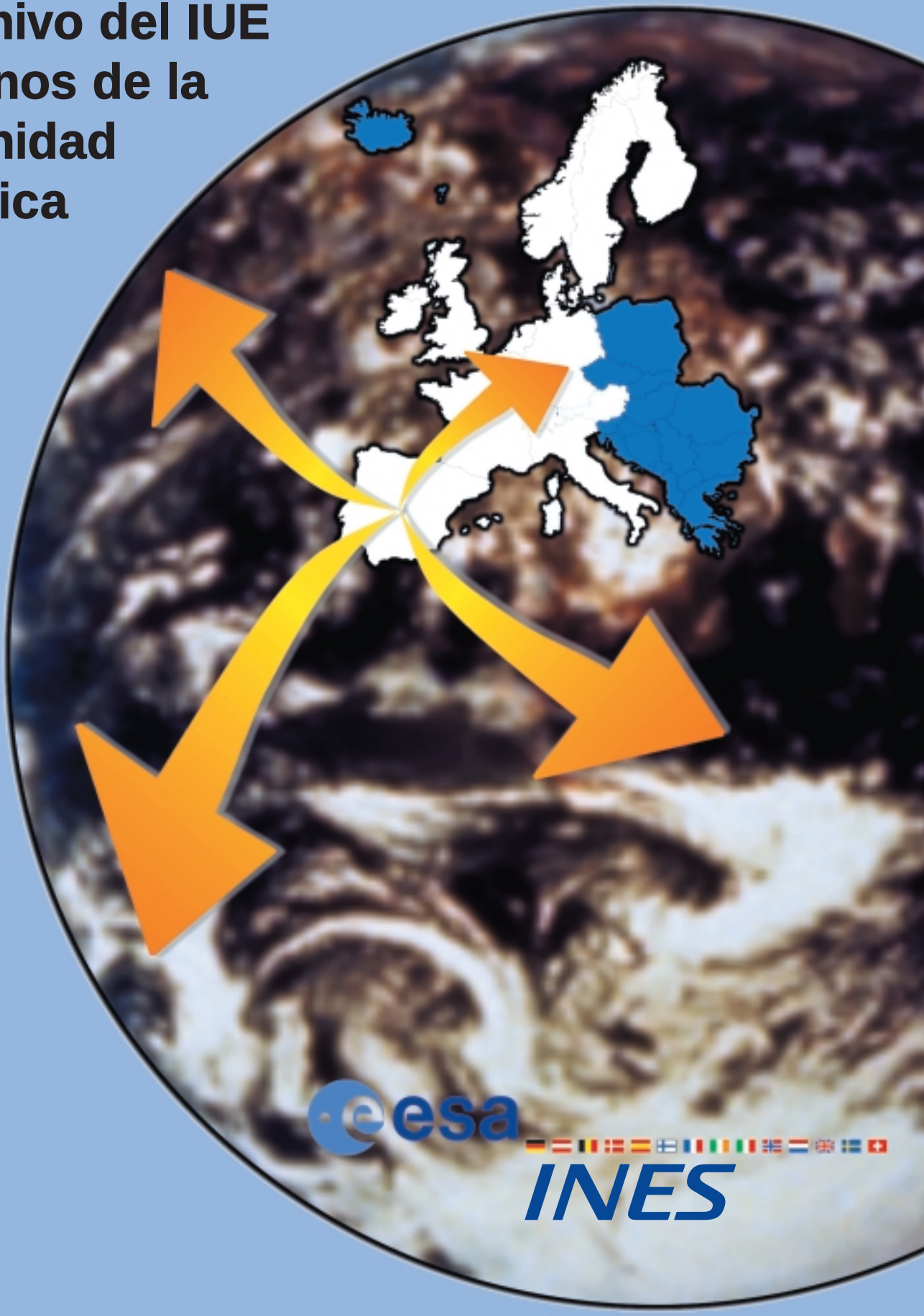
BR-145
Febrero 2000

El Archivo del IUE en manos de la Comunidad Científica



INTA

Un archivo y un sistema de distribución de datos avanzados para la astrofísica

La radiación ultravioleta

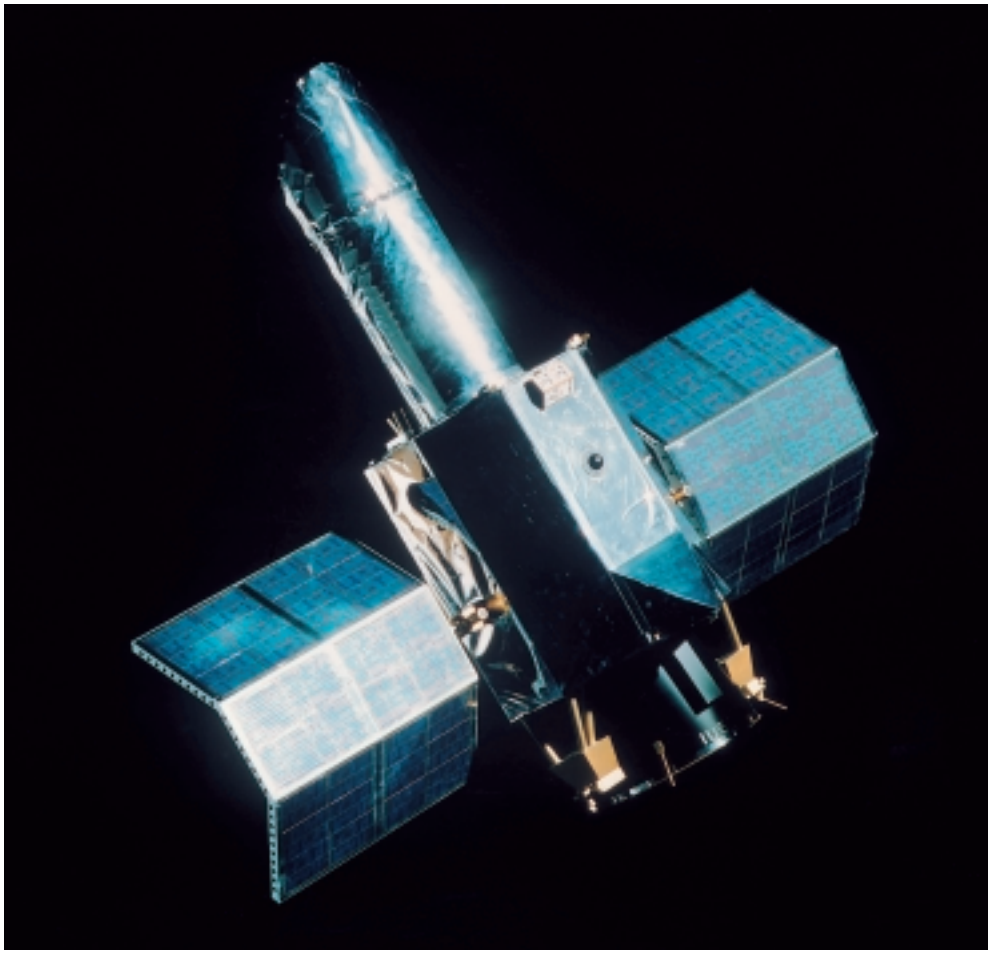
La luz, o radiación, ultravioleta es invisible para el ojo del hombre pero extremadamente peligrosa para su piel. Afortunadamente la capa de ozono situada entre 15 y 40 km de altura sobre la superficie terrestre nos protege de ella. Sin embargo, esta protección es un inconveniente para los astrónomos, ya que la mayor parte de la luz ultravioleta (UV) que es filtrada por la atmósfera contiene gran cantidad de información sobre los objetos celestes que por lo tanto no puede ser recogida tampoco por los telescopios. Por esto el Universo ultravioleta sólo se pudo comenzar a estudiar cuando se colocaron telescopios e instrumentos de medida fuera de la atmósfera, a bordo de satélites artificiales.

Los tipos diferentes de luz (radiación electromagnética con diferentes longitudes de onda o colores) contienen información diferente sobre los objetos astronómicos. Aunque todos los objetos emiten luz en todas las longitudes de onda, su intensidad máxima se produce en distintas longitudes de onda según ciertas características como su temperatura o el grado de ionización de los elementos atómicos que los componen. La materia fría (desde -100 hasta unos 700˚C) emite sobre todo en longitudes de onda infrarrojas y por tanto se observa mejor con telescopios diseñados para ese rango. Los cuerpos con temperaturas entre 800 y 10000˚C tienen su intensidad de emisión máxima en el rango óptico - o visible, ya que éste es el que el ojo humano puede ver- y por eso se observan con telescopios ópticos. Las temperaturas que corresponden al rango UV están entre 10000 y 100000˚C y por tanto los objetos ultravioletas son las estrellas calientes, los discos de acrecentamiento y en general los fenómenos de choque violentos que ocurren en el Universo. El dominio de los rayos X y gamma se extiende a objetos aún más energéticos.

Gracias al estudio del Universo ultravioleta los astrónomos tienen ahora una visión diferente y más completa del Sistema Solar y del espacio entre las estrellas y las galaxias. También han sido capaces de investigar el entorno de los agujeros negros y de comprender fenómenos como las explosiones de novas y supernovas mucho mejor que nunca. ¡Pero también saben que el Universo UV puede enseñarles muchísimas cosas más!

Características del Proyecto IUE

VIDA EN ÓRBITA:	18.7 años, sin interrupción hasta Septiembre de 1996
ÓRBITA:	Geosíncrona, 32000 km x 52000 km
OPERACIONES:	Dos observatorios (VILSPA en España; GSFC en EEUU)
TELESCOPIO:	45 cm, f/15 Ritchey-Chretien Cassegrain
LANZAMIENTO:	26 de Enero de 1978 con un cohete Delta desde Cabo Cañaveral (671 kg)
INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS:	2 espectrógrafos para el UV; dispositivo de imagen óptica 2 resoluciones: 18 km/s y 800 km/s
DATOS RECOGIDOS:	110033 espectros de 11054 objetos diferentes con un rango de brillo de diez mil millones, incluyendo cometas, planetas, estrellas, galaxias y cuásares
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE LA MISIÓN:	Funcionamiento similar a los observatorios en tierra Tiempo de respuesta para fenómenos especiales muy corto (1hora) Archivo de datos muy utilizado desde el principio de la misión
USO DE LOS DATOS:	Cada hora se continúan extrayendo 5 espectros del archivo 3585 artículos en la bibliografía profesional han usado datos de IUE Más de 500 tesis doctorales han usado datos de IUE



El satélite IUE en configuración orbital con sus paneles solares fijos hexagonales desplegados. La parte superior del telescopio cortada en diagonal impedía que entrara luz directa del sol y de la tierra a los instrumentos científicos

El satélite IUE

El Explorador Ultravioleta Internacional (IUE) fue el primer observatorio espacial puesto en órbita. Anteriormente otras misiones a bordo de cohetes y satélites - TD1 de la ESA, Copernicus de la NASA y ANS de la NASA y de SRON - mostraron el gran interés y la valiosa información que podía obtenerse de la radiación UV, pero hasta el IUE no hubo un verdadero observatorio accesible por toda la comunidad astronómica. El IUE marcó el auténtico principio de la astronomía UV, y de esta manera contribuyó también a que los astrofísicos fueran conscientes de las enormes ventajas de hacer ciencia desde el espacio.

El IUE tiene también el récord de haber sido el observatorio espacial de más larga duración hasta ahora. Fue un proyecto conjunto de la ESA, la NASA y el Reino Unido que permaneció operativo hasta septiembre de 1996, más de 13 años por encima de lo previsto. Las operaciones eran llevadas a cabo por un equipo de 50 astrónomos e ingenieros desde la Estación de Seguimiento de Satélites de la ESA en Villafranca, cerca de Madrid (España), y desde el Centro de Vuelo Espacial Goddard de la NASA en Maryland (EEUU). Más de 2000 investigadores hicieron observaciones con la posibilidad, rara en las misiones espaciales, de reaccionar rápidamente ante eventos astronómicos imprevisibles y cambiar los planes de observaciones como fuera necesario. El IUE tomó más de 110000 espectros de 11000 objetos distintos, y cada uno de ellos ha sido usado por la comunidad astronómica al menos seis veces.

INES - El Legado de IUE para la Astronomía del Futuro

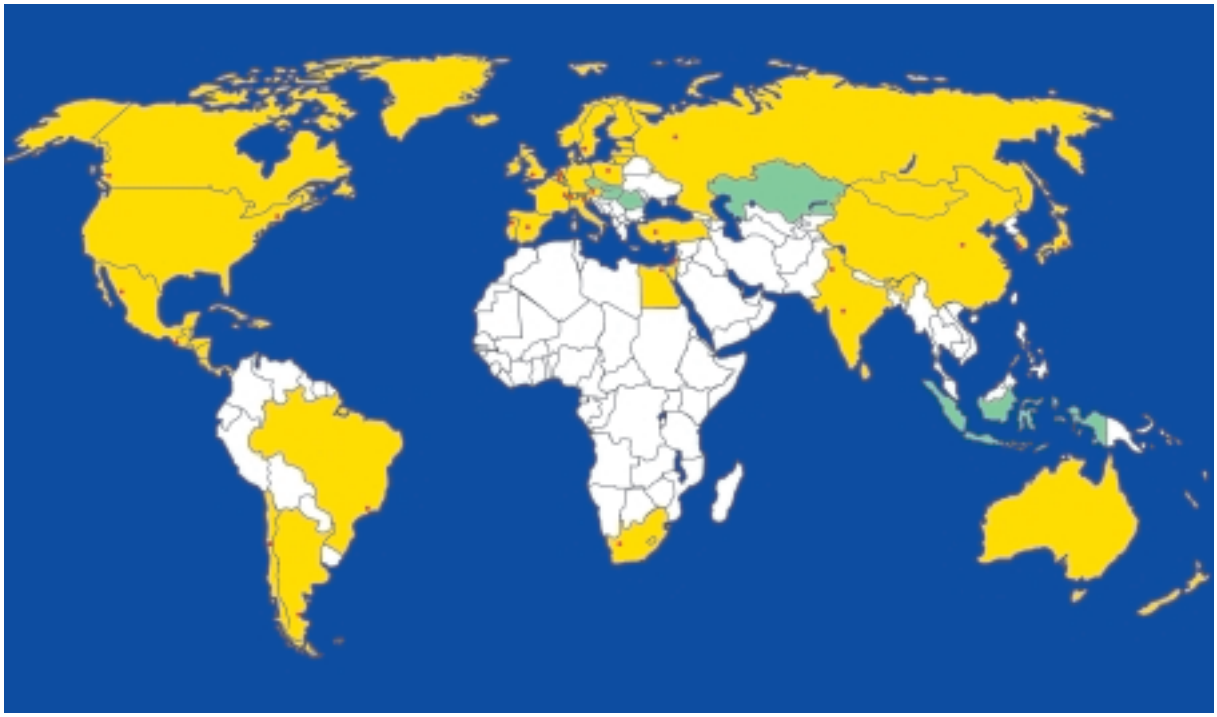
El archivo de IUE fue el primer archivo de datos astronómicos accesible en línea - mucho antes de que la "World Wide Web" existiera- y almacena casi dos décadas de astronomía UV: más de 110000 espectros de 11000 objetos. ¿Podría haber dejado el IUE una herencia mejor? Para que esta enorme mina de descubrimientos pueda ser enteramente explotada en el futuro, la ESA ha creado INES, un sistema para hacer que los datos del IUE sean accesibles en todo el mundo.

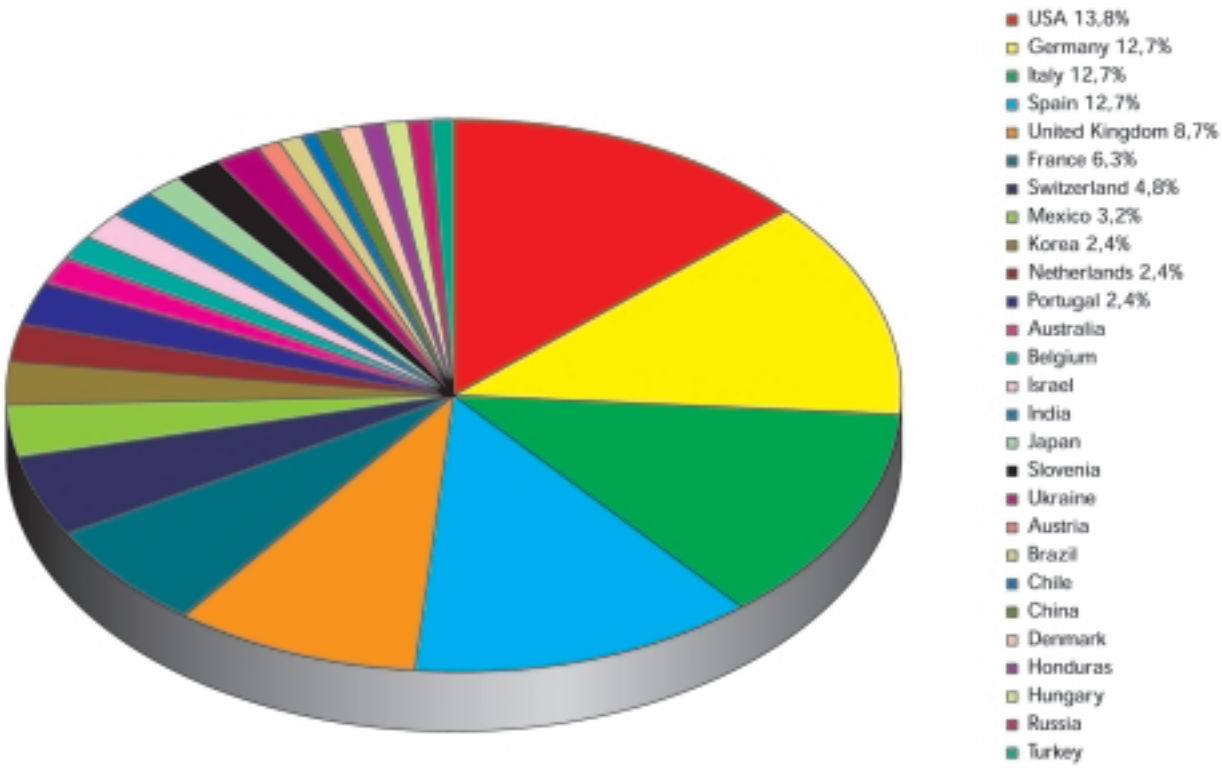
El sistema INES (IUE Newly Extracted Spectra) es un archivo astronómico completo y el sistema de distribución de sus datos. Su elaboración y puesta en manos de la comunidad representa la actividad final de la ESA en el contexto del proyecto IUE.

Los archivos son esenciales en todos los proyectos espaciales. Contienen información basada en observaciones que en la mayoría de los casos no podrán ser repetidas y que son una herramienta excelente para el estudio de fenómenos variables. Además, la velocidad de adquisición de datos de un observatorio espacial es normalmente demasiado elevada para que pueda ser digerida por la comunidad de manera instantánea.

INES contiene el conjunto completo de los datos obtenidos en 18.7 años de espectroscopía ultravioleta desde el espacio con el satélite IUE. Todos los datos están en un formato que permite que sean analizados científicamente de forma directa, sin necesidad de un sistema especializado de reducción. Con la entrega de INES llega a su fin un cuarto de siglo en el que el proyecto IUE ha tenido un papel preponderante en la astrofísica.

Este mapa muestra la amplia distribución del sistema INES para el acceso científico a los espectros ultravioletas de IUE. Los países en color amarillo son usuarios activos de INES, con la localización de sus Centros Nacionales marcados con un punto rojo. Los de color verde no tienen Centro Nacional, pero sus científicos acceden a los datos a través del Centro Principal en el LAEFF.





Distribución geográfica de los usuarios de INES en 1999

Ya que INES es un archivo de referencia histórico único, se ha realizado un esfuerzo especial para:

- asegurar un acceso y uso de los datos con facilidad - el sistema de distribución del archivo ha sido diseñado con una configuración puesta al día, adecuada a las herramientas disponibles en la mayoría de institutos, universidades y escuelas en todo el mundo
- limitar la necesidad de conocimientos del proyecto o de experiencia previa para poder usar los datos de forma eficaz
- organizar los datos de manera que se puedan incorporar al sistema nuevas capacidades sin afectar con esto a su funcionalidad original
- minimizar los costes que conlleva el mantenimiento del archivo.

A través de la historia del proyecto IUE, se ha puesto especial atención en que las observaciones fueran distribuidas a toda la comunidad. La experiencia adquirida con el primer archivo de datos astronómicos en línea, ULDA (Archivo Uniforme de Baja Dispersión del IUE), implementado ya en 1985 por el Proyecto ESA/IUE, ha sido usada en el diseño de INES.

El sistema de distribución se estructura en tres niveles:

- un Centro Principal en el Laboratorio de Astrofísica Espacial del INTA (LAEFF), en la Estación de la ESA en Villafranca, cerca de Madrid, con un "espejo" en el Centro Astronómico de Datos de Canadá (CADC) en Victoria.
- 20 Centros Nacionales en la actualidad, y
- un número ilimitado de usuarios finales.

El Centro Principal contiene la base de datos completa y es el corazón del sistema de distribución. Proporciona acceso a información que no está disponible en los Centros Nacionales. También se dedica a mantener y desarrollar el sistema en coordinación con la comunidad científica mundial. Los Centros Nacionales proporcionan un acceso local fácil al archivo principal del que poseen una parte. Las peticiones de espectros se atienden localmente o son enviadas al Centro Principal.

El proceso completo de obtención de los datos está automatizado y es totalmente transparente para el usuario final. La disponibilidad de un gran número de Centros Nacionales, además del Centro Principal y su "espejo" en Canadá, evita los problemas de conexión locales y garantiza la disponibilidad ininterrumpida de los datos.

La Ciencia con el IUE

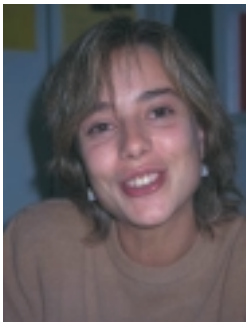
De las auroras de Júpiter a los agujeros negros

El IUE empezó y terminó su vida astronómica observando el mismo objeto - la estrella brillante Capella de la constelación Auriga - con un intervalo de tiempo de 18.7 años entre esas observaciones. Durante todo ese tiempo fue el "ojo ultravioleta" del hombre, un "periscopio" que nos permitía ver un universo inaccesible a todos los que vivimos debajo de la atmósfera y gracias a ella. Los astrónomos no podían haber soñado una ayuda mejor. El IUE, previsto originalmente para un máximo de 5 años, ha hecho contribuciones clave en muchos campos de la astronomía. Sus descubrimientos, cerca en el Sistema Solar o en el muy lejano espacio extragaláctico, han sido a menudo las semillas para nuevos campos de estudio e investigación y para nuevas generaciones de astrónomos.

Por ejemplo, el IUE proporcionó el primer estudio sistemático de la variación de la actividad de un cometa en su viaje a través del sistema solar. También permitió detectar por vez primera las auroras en Júpiter y estudiar su cambio con el ciclo solar de 11 años. Mucho más lejos, con el IUE se hizo la primera detección directa del halo de nuestra galaxia - una gran cantidad de gas muy caliente que rodea a la Vía Láctea - y se pudo medir el tamaño de un agujero negro en el centro de una galaxia activa. El único cuásar de alto desplazamiento hacia el rojo estudiado en el ultravioleta fue descubierto también con el IUE.

Como primer observatorio espacial construido y puesto en órbita a más de 30000 km de la tierra, el IUE podía ser operado tan fácilmente como un telescopio instalado sobre su superficie. Su órbita y sus características operacionales lo hicieron suficientemente flexible para reaccionar rápidamente ante cualquier evento astronómico, o para poder hacer largas observaciones ininterrumpidas del mismo objeto. Como resultado de esto, las supernovas se pudieron observar por primera vez sólo unas horas después de su explosión, y otros objetos que varían en escalas de unos días, como los vientos estelares de las estrellas calientes, son ahora mucho mejor conocidos.

El IUE fue también el primer observatorio espacial que participó en observaciones multi-longitud de onda en combinación con otros satélites astronómicos y con telescopios en tierra. La larga vida del satélite ha permitido además a los astrónomos presenciar acontecimientos que nunca imaginaron que pudieran ver, tal como la metamorfosis de una estrella muy vieja en una hermosa nebulosa planetaria, una estrella central rodeada de una nube iluminada de gas y polvo. Analizando todas las observaciones hechas con el IUE de la vieja estrella los investigadores fueron capaces de seguir los cambios espectaculares que sufrió en menos de veinte años.



Dra. Eva Verdugo, INSA /
Analista del Archivo del ISO.
‘ El estudio y el uso de los datos del archivo del IUE para hacer mi Tesis doctoral ha sido un entrenamiento maravilloso para trabajar con los instrumentos del futuro’

Dr. Willem Wamsteker, ESA /
Director científico del Proyecto IUE
‘El IUE marcó la referencia de calidad para los proyectos futuros. Haber trabajado en él ha sido un privilegio y también una experiencia emocionante’

Prof. Mudumba Parthasarathy, IIA /
Científico de ISRO, India
‘Para los científicos de países como la India, el disponer de los datos del IUE a través de INES ha supuesto un empuje para que podamos hacer astronomía UV. Ningún otro sistema hace tan fácil el uso de esos datos para nuevos descubrimientos científicos’.

Prof. Klaas S. De Boer, Universidad de Bonn /
Director del Sternwarte, Alemania
‘Al haber trabajado con el IUE y sus datos desde el principio de la misión, encuentro destacable cómo el proyecto ha mantenido una estructura dinámica hasta su final. La entrega de INES por la ESA representa un colofón magnífico para este Proyecto IUE de un cuarto de siglo’.

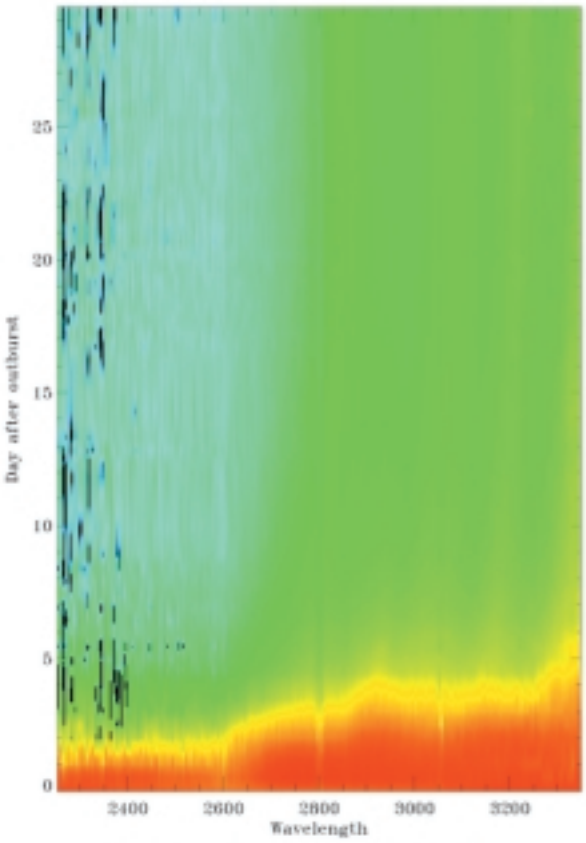
El progenitor de una supernova al descubierto

Gracias a la rápida respuesta del IUE a través del Programa de Objetos de Oportunidad, la supernova 1987A (SN 1987A) fue observada unas horas después de ser descubierta. Los ocho años de observaciones de este objeto con el IUE han suministrado la más completa colección de datos existente que muestra la evolución de una supernova en el ultravioleta. En la figura 3 vemos el desarrollo del espectro UV de SN1987A durante el primer mes. Puede verse cómo el flujo disminuye en un factor 1000 durante los tres primeros días.

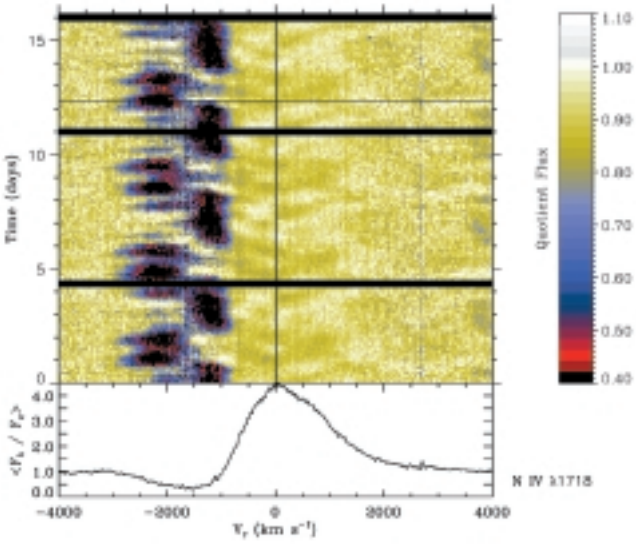
Además de los estudios de SN1987A misma, que muestran por ejemplo la existencia de material en la fotosfera que se mueve con velocidades de hasta 40000 km, hay que destacar que los datos del IUE posibilitaron la identificación de la estrella que había sufrido la explosión: la supergigante azul Sk-69 202. Fue la primera vez que se pudo desvelar el progenitor de una supernova y esto supuso un desafío para las teorías de evolución estelar.

La estructura circunestelar en forma de anillo alrededor de la supernova, vista en imágenes directas del Telescopio Espacial Hubble en 1991, ya había sido detectada con el IUE sólo unos meses después de la explosión. Las observaciones de los ecos UV, originados cuando el polvo interestelar cercano a la línea de visión entre SN1987A y el observador fue iluminado por la explosión, han permitido reconstruir el espectro de la supernova en el momento mismo del estallido comprobando la existencia de temperaturas extremadamente altas.

③



④



Vientos estelares calientes

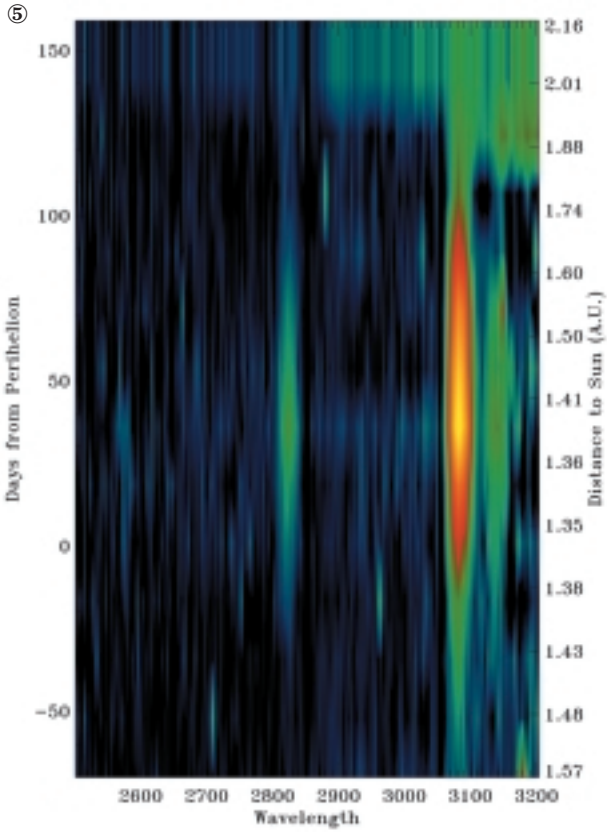
Las estrellas calientes se caracterizan por tener fuertes vientos que expulsan enormes cantidades de materia a velocidades de varios miles de kilómetros por segundo. Esta pérdida de masa, que ocurre en escalas de tiempo que varían desde horas a días, tiene un impacto tremendo en la vida de la estrella. Se necesitan observaciones continuadas durante varios días para poder comprender el mecanismo que empuja esos vientos. El ejemplo de la figura 4 corresponde a una estrella 'Wolf Rayet', una estrella caliente y evolucionada de gran masa con grandes velocidades en el viento y gran pérdida de masa.

El diagrama muestra cómo la velocidad del gas, derivada del desplazamiento de las líneas de absorción (franjas obscuras de la figura), varía periódicamente. Varía en dos escalas de tiempo de aproximadamente uno y cuatro días, alcanzando velocidades de 3000 y 1500 km/s respectivamente. La coexistencia de esas dos periodicidades refleja los complejos fenómenos de interacción que ocurren en las regiones más exteriores de estas estrellas.

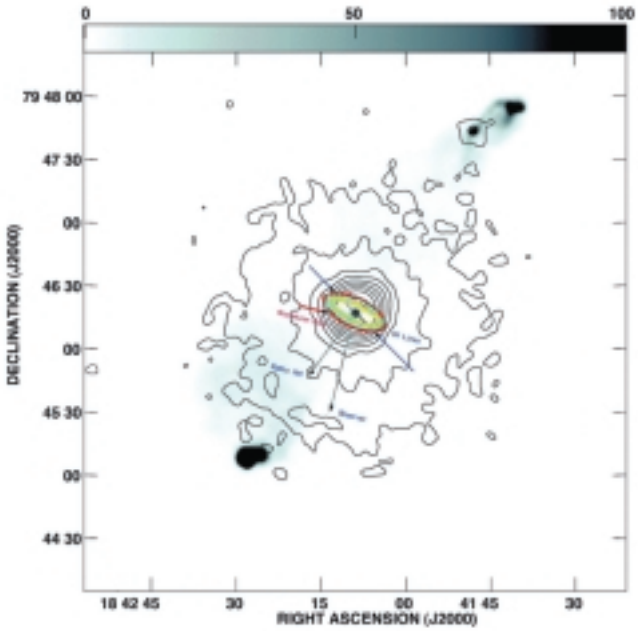
A la caza de un cometa

La observación de los cometas ha sido uno de los mayores desafíos para el IUE debido a la dificultad intrínseca de apuntar y seguir a esos objetos que se mueven tan rápidamente. Pese a esto los cometas se observaron con el IUE desde el principio de la misión. Con el IUE se descubrieron nuevas moléculas que nunca habían sido vistas antes en el núcleo de un cometa, y lo que es más importante, se pudieron estudiar estos objetos a lo largo de su trayectoria desde muy lejos hasta su máximo acercamiento al sol. Esto permitió a los astrónomos analizar por primera vez los cambios en la producción de vapor de agua por el cometa según éste se va calentando por la radiación ultravioleta del sol. La figura 5 muestra cómo la emisión debida a los radicales OH producidos por la descomposición del agua aumenta cuando el cometa P/d'Arrest se acerca al sol. Del análisis de esta emisión podemos estimar la pérdida de agua en el cometa, que es de unos 20 l/s cuando está a 300 millones de km del sol y aumenta hasta 1200 l/s cuando se acerca 100 millones de km más. En el punto más cercano al sol, el cometa pierde una cantidad de agua con la que se podría llenar una piscina olímpica cada media hora.

⑤



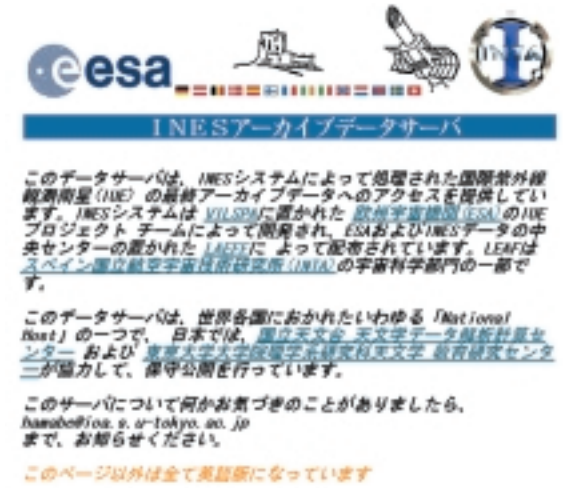
⑥

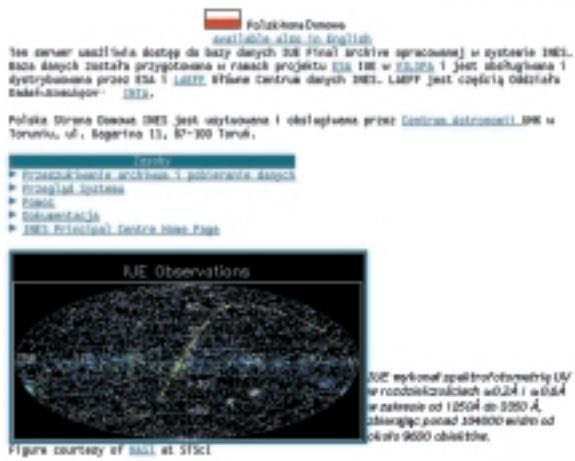


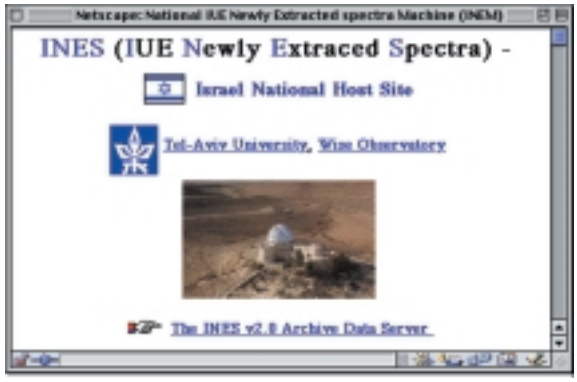
Cómo se alimenta un agujero negro

Las erupciones que se ven en las galaxias fueron atribuidas por los teóricos a los agujeros negros gigantes. Las observaciones sugerían, aunque no probaban, la idea de que un agujero negro "come" gas de una especie de plato incandescente y plano que lo rodea, llamado "disco de acrecentamiento". In 1997 estas conjeturas se hicieron realidad: se anunció que dicho disco en la galaxia 3C390.3 medía un quinto de año luz y era 1500 veces más extenso que el agujero negro situado en su centro.

El IUE examinó esta galaxia 39 veces en un lapso de tiempo de 14 años. Los científicos consultaron también las observaciones de cinco satélites de rayos X. Cada vez que el agujero negro consumía un bocado mayor de lo habitual la galaxia resplandecía, pero su luz tardaba más de un mes en alcanzar el borde del disco. Este retraso sirvió para medir la anchura del disco. Estudiando los movimientos del gas los astrónomos también pudieron comprobar la destrucción de una estrella desafortunada capturada por el agujero. Hecha jirones por la intensa gravedad, su gas daría dos vueltas alrededor del agujero negro antes de desaparecer en sus fauces al cabo de 150 años.







Traducción: *El texto original de este folleto está escrito en inglés. Las traducciones han sido realizadas gentilmente por los responsables de los Centros Nacionales.*

Summary information of INES National Host Institutes and URL addresses

Argentina: Observatorio Astronómico, Univ. Nacional de La Plata, Buenos Aires	*http://www.fcaglp.unlp.edu.ar/
Austria: Kuffner-Sternwarte, Vienna	http://www.kuffner.ac.at/ines/
Belgium: Royal Observatory of Belgium, Brussels	http://ines.oma.be/
Brazil : Instituto Astronomico e Geofisico, Sao	http://ines.iagusp.usp.br/ines/
Canada: CADC/DAO, Victoria B. C	http://204.174.103.197/
Chile : AURA/CTIO, La Serena	*http://www.ctio.noao.edu/
China,P.R.(National) : Centre for Astrophysics - USTC, Hefei	http://iue.cfa.ustc.edu.cn/ines/
Costa Rica: University of Costa Rica, San Jose	*http://www.efis.ucr.ac.cr/
Egypt: NRIAG - Helwan Observatory, Cairo	*http://www.frcu.eun.eg/
France : CDS - Observatoire de Strasbourg, Strasbourg	http://cdsweb.u-strasbg.fr/
India : Space Science Data Centre - ISRO HQ, Bangalore	*http://www.isro.org/
Indian Institute of Astrophysics - VBO, Alangayam	*http://www.iiap.ernet.in/
Israel : Wise Observatory, Tel Aviv University, Tel Aviv	http://wise-iue.tau.ac.il/
Italy : Osservatorio Astronomico di Trieste, Trieste	http://ines.oat.ts.astro.it/
Japan : National Astronomical Observatory, Tokyo	http://iue.mtk.nao.ac.jp/
Korea : Department of Astronomy and Space Science, Chungbuk	htttp://star91.chungbuk.ac.kr/ines/
Mexico :INAOE, Puebla	*http://www.inaoep.mx/
Netherlands : Sterrenkundig Instituut, Utrecht	*http://www.fys.ruu.nl/
Nordic countries : Uppsala Astronomical Observatory, Uppsala	*http://www.astro.uu.se/
Poland : Torun Center for Astronomy, Nicholas Copernicus University, Torun	http://ines.astri.uni.torun.pl/
Portugal : Centro de Astrofisica da Universidade do Porto, Porto	*http://www.astro.up.pt/
Russia : Institute of Astronomy of Russian Acad. Sci., Moscow	http://ulda.inasan.rssi.ru/
South Africa : South African Astronomical Observatory, Cape Town	*http://www.saao.ac.za/
Spain : LAEFF/VILSPA, Madrid. INES Principal Centre (also serving Germany)	http://ines.vilspa.esa.es/
Switzerland : Inst. d'Astronomie de l'Université de Lausanne, Chavannes-des-bois	*http://obswww.unige.ch/
Taiwan : Inst. of Physics and Astronomy, Chung-Li	*http://www.phy.ncu.edu.tw/
Turkey : Physics Department - METU, Ankara	*http://www.physics.metu.edu.tr/
United Kingdom : Rutherford Appleton Laboratory, Chilton	http://iuepc.bnsc.rl.ac.uk/ines/
USA : STScI, Baltimore	http://ines.stsci.edu/ines/

Notes: http: INES NH Node Link (installation completed and National Host fully operational)
*http: INES NH Institute Link (not yet operational)

ESA BR-145
ISBN 92-9092-602-3

European Space Agency
Agence spatiale européenne

Contact: ESA Publications Division
c/o ESTEC, PO Box 299, 2200 AG Noordwijk, The Netherlands
Tel (31) 71 565 3400 - Fax (31) 71 565 5433