

TERESA RIBERA

Secretaria de Estado de Cambio Climático
Secretary of State for Climate Change

JOSÉ ALEJANDRO PINA

Presidente de Enresa
President of Enresa

EL CONVENIO DE GINEBRA
GENEVA CONVENTION

VÉRTICES

LA REVISTA DEL CIEMAT

Abril 2011 • Nº 13

VÉRTICES

LA REVISTA DEL CIEMAT

-  **Editorial** 2
-  **Entrevista** 5
- TERESA RIBERA
Secretaria de Estado de Cambio Climático
Secretary of State for Climate Change
-  **El CIEMAT** 13
- Noticias
News
-  **Artículos de fondo** 28
- Paso a paso hacia la excelencia: el seguimiento de las actividades
Step by step to Excellence: Activity Tracking
- José Luis PASCUAL ALONSO 28
 - Braquiterapia: la necesidad de un laboratorio nacional de metrología en España
Brachytherapy: The need for a national metrology lab in Spain
- Paz AVILÉS LUCAS 35
 - Convenio de Ginebra y cargas críticas: un ejemplo de política ambiental basada en ciencia
Geneva Convention and Critical Loads: an example of Science-based Environmental Policy
- Isaura RÁBAGO JUAN-ARACIL 41
Rocío ALONSO DEL AMO
- Recientes progresos en la tecnología de dispositivos fotovoltaicos de silicio en lámina delgada en el CIEMAT
Recent progress in thin-film-silicon photovoltaic devices at CIEMAT
- J. Javier GANDÍA 49
Julio CÁRABE
-  **Firma invitada** 58
- Director general de ENRESA
Director General of ENRESA
- José Alejandro PINA BARRIO
-  **I+D+i en España y el Mundo** 61
-  **Nuestros profesionales** 65
- Asunción ESPINOSA CANAL
-  **Publicaciones** 67

www.ciemat.es

EDITA:

CIEMAT

Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas.

Avenida Complutense, 22
28040 Madrid (España).
Tel.: +34 91 346 60 00/01 (centralita).
Fax: +34 91 346 60 05 (central).
E-mail: revista@ciemat.es

DIRECTOR GENERAL: Cayetano López Martínez

COMITÉ CIENTÍFICO-TÉCNICO:

Coordinadora: Margarita Vila Pena.
Vocales: Begoña Bermejo, Marcos Cerrada,
Javier Domínguez Bravo, Miguel Embid,
Amparo Glez. Espartero, Carmen Martín,
Fernando Martín Llorente, Isabel Redondo,
Juan Carlos Sanz y Enrique Soria.

COORDINACIÓN Y EDICIÓN: Grupo Senda
C/ Isla de Saipán, 47 - 28035 Madrid.
Tel.: +34 91 373 47 50 - Fax: +34 91 316 91 77
E-mail: revistaciemat@gruposenda.net

PUBLICIDAD: PLAN B Comunicación Integral
E-mail: revistaciemat@planbcomunicacion.com

ARCHIVO FOTOGRÁFICO: CIEMAT-GRUPO SENDA

IMPRIME: IMGRAF. S.L.

DEPÓSITO LEGAL: M-46799-2006

ISSN: 1887-1462

NIPO: 471-10-009-3

Tecnología en el CIEMAT

Technology in CIEMAT



José Manuel Pérez Morales

Director del Departamento de Tecnología del CIEMAT
Director of the Technology Department of the CIEMAT

Como es bien conocido, el CIEMAT es un centro científico-tecnológico focalizado en ciertas líneas de investigación básica, medioambiente y energía. Los grupos de trabajo de Fusión, Física de Partículas, Biología, Medio Ambiente, Energía, Metrología, Dosimetría y Protección Radiológica del centro compatibilizan el desarrollo de proyectos científicos con una carga importante de apoyo técnico y servicios al exterior.

En contra de lo que a veces se suele verter a la opinión pública, la ciencia y la tecnología no tiene los mismos objetivos. Si bien la misión de la ciencia es encontrar los orígenes, naturaleza y reglas del universo, la misión de la tecnología es proporcionar herramientas para resolver problemas; problemas científicos complejos o cotidianos tan elementales como asegurar el abastecimiento de recursos. Desconocer esta dicotomía en los objetivos científico-técnicos puede llevar a generar políticas de ciencia erróneas.

El CIEMAT es un centro en el cual los recursos de ciencia y tecnología están bien coordinados. Desde sus orígenes, un valor añadido de este centro ha sido la existencia de recursos horizontales que permiten ampliar las capacidades de los grupos en los proyectos de investigación que acometen. Aparte de contribuir de forma horizontal, los grupos del departamento de Tecnología del CIEMAT tienen como objetivo participar de forma autónoma en algunas líneas de I+D que pueden afrontarse eficazmente desde nuestro centro. Esta doble misión, apoyo a proyectos de los departamentos del CIEMAT y participación en proyectos propios de I+D, perfila la actividad dual del Departamento de Tecnología.

¿Qué líneas tecnológicas horizontales debería mantener un centro como CIEMAT y cuáles de ellas deberían ser externalizadas? Cualquier proyecto de física en un centro experimental como el nuestro necesita computación, instrumentación electrónica e ingeniería mecánica. Proyectos en los ámbitos de Medio Ambiente, energía o biología requieren adicionalmente recursos de química y ciencia de materiales. En lo que aplica a las actividades en metrología, dosimetría o protección radiológica, servicios esenciales que el CIEMAT proporciona, los requerimientos de apoyo son similares a los de un proyecto de investigación.

En estas disciplinas anteriormente citadas, ¿qué capacidades son razonables mantener? ¿Cómo se dimensionan los recursos necesarios de infraestructura técnica para investigación? La propia evolución del centro es la encargada de marcar las necesidades, así como la dotación de recursos para los mismos. Si hubo una etapa en la que el centro podía sostener con fondos propios todos los recursos de infraestructuras tecnológicas para I+D, es cada vez más evidente que el futuro pasa por una tendencia de sostenibilidad compartida. En este sentido, es coherente definir las capacidades tecnológicas del CIEMAT en función de las necesidades internas, pero también del atractivo que ellas puedan generar en colaboradores externos (públicos y privados), el respaldo que reciben

It's known that CIEMAT is a scientific-technological center focused on certain lines of basic, environmental and energy research. The center's Fusion, Particle Physics, Biology, Environment, Energy, Metrology, Dosimetry and Radiation Protection working groups combine the development of scientific projects with a considerable workload of outside technical support and services.

As opposed to what public opinion is usually led to believe, science and technology do not have the same objectives. While the mission of science is to find the origins, nature and rules of the universe, the mission of technology is to provide tools for problem solving: complex scientific problems or daily problems as elemental as ensuring a supply of resources. An ignorance of this duality of scientific-technical purposes can lead to erroneous science policies.

CIEMAT is a center in which science and technology resources are well coordinated. From its very beginnings, an added value of this center has been the existence of horizontal resources that broaden the capabilities of the groups in the research projects they undertake. Apart from a horizontal contribution, the purpose of the groups of the CIEMAT Technology Department is to participate, on an autonomous basis, in some R&D lines that can be effectively conducted from our center. This dual mission – support for CIEMAT department projects and participation in R&D proper projects – gives shape to the dual activity of the Technology Department.

What horizontal technology lines should be maintained by a center like CIEMAT, and which of them should be externalized? Any physics project in an experimental center such as ours requires computing, electronics instrumentation and mechanical engineering. Projects in the fields of environment, energy and biology additionally require materials science and chemistry resources. As for activities related to the essential services of metrology, dosimetry and radiation protection provided by CIEMAT, the support requirements are similar to those of a research project.

In these above mentioned disciplines, what capabilities should be reasonably maintained? How are the necessary resources of technical infrastructure for research sized? The organization's own evolution is what determines the needs and the provision of resources for them. If there once was a time when the center could support all the technology infrastructure resources for R&D with its own funds, it is increasingly obvious that the future trend will be shared sustainability. In this respect, it is reasonable to define CIEMAT's technological capabilities not only in terms of internal needs, but also of the appeal that these may have for external collaborators (public

en los planes de investigación regionales, nacionales y europeos y el grado de éxito y competitividad que los profesionales de cada línea consigan durante el desarrollo de sus actividades.

El CIEMAT ha apostado por seis líneas troncales: materiales, química, computación, instrumentación científica, ingeniería mecánica y aceleradores.

La ciencia e ingeniería de materiales es una de las disciplinas de mayor impacto en los últimos años. En este extensísimo campo, la División de Materiales del CIEMAT asienta su actividad en la sólida experiencia acumulada en los últimos 25 años en el estudio del comportamiento de materiales estructurales en condiciones no convencionales. Si su ámbito tradicional ha sido el entorno nuclear, en los últimos años este interés se ha ampliado, en sintonía con el resto de la casa, hacia materiales de aplicación en almacenamiento y producción de otros tipos de energía. En particular, están en marcha proyectos relacionados con materiales de interés en solar de concentración y biomasa. Su reconocido prestigio a nivel nacional y europeo consolidan a la división de Materiales como un grupo emergente, con líneas de trabajo compatibles y complementarias con las actividades que desarrollan otros centros como el IMDEA-Materiales, CSIC y universidades como UPM, UPC o Zaragoza.

Una tendencia similar a la anteriormente descrita se verá en la División de Química. Junto con su potencial en química analítica, base de muchos proyectos fundamentalmente medioambientales y servicios externos del CIEMAT, se están asentando proyectos en el ámbito de materiales para fusión, de la generación de hidrógeno –material de interés para producción de energía– y también en el ámbito de almacenamiento energético, campo aún no resuelto y posiblemente el más abierto a día de hoy de cara a la búsqueda de la sostenibilidad energética. La participación en proyectos nacionales e internacionales con una importante presencia de empresas del sector y de socios estratégicos en estas áreas será fundamental para la consolidación de estas actividades. La tendencia será reducir actividades anteriores de menor dimensión para concentrar la mayor parte de los recursos en las líneas que hemos esbozado.

Las capacidades en computación del CIEMAT están distribuidas en dos centros: el CIEMAT Moncloa (TIC) y Trujillo (CETA). El Centro de Cálculo de Moncloa soporta los recursos de informática de gestión, comunicaciones telemáticas e informática de usuarios. Estos sistemas constituyen la espina dorsal de la gestión de la actividad científica, económica y logística del CIEMAT. Nuevos retos como una gestión completamente diferente de gastos e ingresos, la implementación de la Sede Electrónica, un sistema de gestión documental digital o integrarnos en el esquema nacional de seguridad se pondrán en marcha durante 2011. En relación con infraestructuras, debe mencionarse que ya actuamos como nodo de RedIRis, siendo uno de los puntos de enlace relevantes de esta red. En relación a Informática científica, el CIEMAT Moncloa mantiene los recursos de supercomputación con un sistema que alcanza los 23 Tflops pico y 1920 cores en arquitectura x86, mientras que CETA se especializa en computación en grid y GPUs utilizadas para cálculo, alcanzando 80 Tflops pico. La capacidad almacenamiento en disco sumada nos sitúa cerca de 1PB.

Si bien en capacidades computacionales e informática de gestión estamos en una situación aceptable para un centro de la dimensión del CIEMAT, con equipos humanos y recursos que, aunque siempre mejorables, son adecuados, el apoyo que se da a los proyectos de I+D es mejorable. Durante 2011 se revisará la participación del CIEMAT en iniciativas nacionales y europeas como Ibergrid, NGI y RES. Se promoverá la participación en nuevos proyectos que reactiven nuestro potencial de cálculo científico. En la dualidad expuesta anteriormente, se complementarán proyectos surgidos de la demanda de grupos del CIEMAT en Fusión, Energía y Medioambiente con proyectos promovidos directamente desde Tecnología a fin de reforzar la calidad y recursos de nuestra computación científica.

and private), the support they receive in regional, national and European research plans and the degree of success and competitiveness that the professionals of each line attain during the development of their activities.

CIEMAT has invested in six core lines: materials, chemistry, computing, scientific instrumentation, mechanical engineering and accelerators.

Materials Science and Engineering is one of the disciplines that has had the greatest impact in recent years. In this very broad field, CIEMAT Materials Division bases its activity on the extensive experience gained in the last 25 years in the study of structural materials performance under non-conventional conditions. While its traditional field has been nuclear, in recent years this interest has been extended, in tune with the rest of the organization, to materials for use in the storage and production of other forms of energy. In particular, projects related to materials of interest in solar concentration and biomass are under way. Its national and European prestige has consolidated the Materials Division as an emerging group, with lines of work that are compatible with and complementary to the activities carried out by other centers such as IMDEA-Materiales or CSIC and universities like UPM, UPC and U. of Zaragoza.

The Chemistry Division will experience a trend similar to the above. Together with its potential in analytical chemistry, the basis for many fundamentally environmental projects and external services of CIEMAT, projects are being undertaken in the area of materials for fusion, hydrogen generation – a material of interest for energy production – and also energy storage, a still unresolved field and possibly the most promising one today in the search for energy sustainability. Participation in national and international projects, with a major presence of sector enterprises and strategic partners in these areas, will be essential to consolidate these activities. The trend will be to cut back on previous, with smaller dimension activities to allot most of the resources to the lines we have described above.

The computing capacities of CIEMAT are distributed between two centers: CIEMAT Moncloa (TIC) and Trujillo (CETA). The Moncloa Computing Center supports the management data processing, telematic communication and user computing resources. These systems form the management backbone of the CIEMAT scientific, economic and logistic activity. New initiatives such as a completely different management of income and expenses, implementation of the Electronic Office, a digital document management system and integration into the national security scheme will be undertaken in 2011. In relation to infrastructures, it should be noted that we are now acting as a RedIRis node and are one of the relevant links of this network. As for scientific computing, CIEMAT Moncloa maintains the supercomputing resources with a system reaching 23 Tflops-peak and 1920 cores in x86 architecture, whereas CETA focuses on grid computing and GPUs, providing 80 Tflops-peak. The total storage capacity is close to 1PB.

Although our management computing and data processing capacities are acceptable for an organization the size of the CIEMAT, with adequate, though always improvable, human and material resources, the support given to R&D projects is definitely improvable. During 2011, we will reexamine CIEMAT's participation in national and European initiatives such as Ibergrid, NGI and RES. Participation in new projects will be encouraged in order to reactivate our scientific computing potential. In keeping

Los próximos dos años serán fundamentales en la consolidación del CETA-CIEMAT en el entorno de la computación científica nacional e internacional. Este centro, en construcción desde 2006, empieza 2011 con todos sus recursos operativos para lanzarse a responder a la demanda de proyectos de calidad para los que CETA fue concebido.

Es clara la limitación que CIEMAT tiene en otros ámbitos TIC, como es en el campo de las telecomunicaciones, de potencial interés para proyectos que se desarrollan en nuestro centro. La dificultad de estos tiempos desaconseja diversificar recursos, por lo que este ámbito seguirá siendo una tarea pendiente para futuro.

Por el contrario, las capacidades de desarrollo de electrónica mantienen una aceptable buena salud. Con el aval del apoyo prestado en el pasado a grandes proyectos de ciencia, las capacidades de ingeniería electrónica y control hacen del CIEMAT un laboratorio competitivo de desarrollo de instrumentación científica. Los próximos años la dedicación de este departamento en áreas de electrónica se centrará en compaginar el apoyo a proyectos científicos de nuestros departamentos, con una gran dedicación a proyectos de Física de Altas Energías, con proyectos propios, fundamentalmente en el área de imagen médica. En este campo, la intención será consolidar la posición alcanzada en la esfera nacional de colaboración con hospitales, universidades y empresas, a la vez que lanzar el recientemente inaugurado instituto mixto I3M apoyado en los planes nacionales y europeos de I+D. Para acometer estos retos se está trabajando en más capacidades de integración sensor-electrónica frontal, así como en tener disponible el uso de una variedad suficientemente potente de dispositivos digitales programables, junto con el software asociado.

En el ámbito de la ingeniería mecánica, en 2011 comenzamos la andadura de una instalaciones de talleres de mecanizado para I+D completamente restauradas que mantendrán a nuestro centro en una posición competitiva para el desarrollo de proyectos que requieran recursos de mecanizado. Esperamos asentar las bases para ampliar y mejorar la operatividad de los mismos y, por tanto, sus capacidades. En paralelo, y de forma suave, es nuestra intención potenciar los limitados recursos actuales de ingeniería mecánica mediante la participación en proyectos internos que permitan hacer crecer esta unidad.

La consolidación de la Unidad de Aceleradores creada en 2008 es una tarea a conseguir a corto plazo. Proyectos como IFMIF y XFEL son ya una realidad en desarrollo, con compromiso claros y desafiantes. Esta Unidad, aparte de responder a las demandas de estos grandes proyectos, participación en colaboraciones como ESS o en los próximos grandes colisionadores internacionales, tiene dos nuevos objetivos. En primer lugar, contribuir al desarrollo tecnológico del CIEMAT en energía, aportando electrónica de potencia y tecnología de superconductividad para almacenamiento energético (nuestra segunda apuesta tecnológica en almacenamiento) y generación. El segundo está relacionado con una ambición recurrente del CIEMAT, frustrada en los últimos años por cambios de estrategias de política científica por encima de nuestra capacidad de decisión: la construcción de un acelerador propio en el CIEMAT. Renunciando a un gran proyecto, nuestro objetivo es generar un prototipo de ciclotrón compacto superconductor para la producción de radiofármacos en hospitales.

Y bien, con estas pinceladas hemos dibujado un boceto de los recursos horizontales del CIEMAT para los próximos años. El éxito o fracaso en muchos de ellos condicionará las capacidades de nuestro centro para acometer proyectos futuros, por lo que nuestra responsabilidad es doble. Nuestra gente está decidida a llevar esta tarea a cabo. Esperamos estar a la altura de las necesidades. Interesante, ¿verdad?

with the aforesaid duality, projects arising from the demand of CIEMAT groups in Fusion, Energy and Environment will be complemented with projects promoted directly by Technology in order to strengthen the quality and resources of our scientific computing.

The next two years will be key for the consolidation of the CETA-CIEMAT in the area of national and international scientific computing. This center, under construction since 2006, has begun 2011 with all its resources operational and ready to meet the demand for the cutting edge projects for which CETA was conceived.

CIEMAT clearly has limitations in other fields of TIC, such as in the field of telecommunications, which is of potential interest for projects developed in our center. These difficult times advise against a diversification of resources, meaning that this issue will have to be left pending for the future.

On the contrary, the electronics development capabilities are in healthy condition. Thanks to the support provided in the past to large science projects, the CIEMAT electronics and control engineering capabilities make it a competitive laboratory in scientific instrumentation development. In the years to come, this department will focus its electronics work on combining the support for our departments' scientific projects, with a major effort devoted to High Energy Physics projects, with its own projects primarily in the area of medical imaging. In this field, it will attempt to consolidate the position it has attained nationwide in collaboration with hospitals, universities and enterprise and at the same time launch the recently inaugurated joint institute I3M, supported in national and European R&D plans. To tackle these challenges, there is an effort to boost the capabilities in front-end electronics-sensor integration, as well as to make available a sufficiently powerful range of programmable digital devices, together with the associated software.

In the field of mechanical engineering, 2011 has begun with fully rehabilitated mechanical workshop facilities for R&D, which will keep our organization in a competitive position for developing projects that require such resources. We hope to extend and enhance their operability and, consequently, their capabilities. In parallel, we intend to gradually boost the currently limited mechanical engineering resources through participation in internal projects that will help this unit grow.

The consolidation of the Accelerator Unit, created in 2008, is a goal to be achieved in the short term. Projects such as IFMIF and XFEL are now under development with clear, challenging goals. This Unit, apart from meeting the demands of these large projects and taking part in collaborative projects such as ESS and the next large international colliders, has two new goals. The first is to contribute to CIEMAT technology development in the area of energy, providing power electronics and superconductivity technology for energy storage and production. The second is related to a recurring ambition of CIEMAT that has been thwarted in recent years by changes on scientific policy strategies that were beyond our control: the construction of our own accelerator in the CIEMAT. Having given up on a great project, our goal now is to build a compact superconductor cyclotron prototype for the production of radiopharmaceuticals for hospitals.

So this is an outline of the horizontal resources of CIEMAT for the years to come. The success or failure of many of them will determine the ability of our center to undertake future projects, and therefore our responsibility is twofold. Our people are devoted to achieving this task. We hope we are up to the challenge. Interesting, isn't it?

Teresa Ribera

Teresa Ribera es licenciada en Derecho por la Universidad Complutense de Madrid, pertenece al Cuerpo Superior de Administradores Civiles del Estado y fue profesora asociada del Departamento de Derecho Público y Filosofía del Derecho en la Universidad Autónoma de Madrid.

En 2001, tras la creación de la Oficina Española del Cambio Climático (OECC), adscrita al Ministerio de Medio Ambiente, Ribera fue nombrada jefa de Área de Cumplimiento y Desarrollo y en 2004 coordinadora de la misma, cargo que ejerció hasta noviembre de 2006, cuando fue designada directora general de la OECC.

Desde abril de 2008 es secretaria de Estado de Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

El efecto de la actividad humana en el clima parece demostrarse cada vez con mayor claridad.

La preocupación por el cambio climático es una realidad internacional, como también lo es la necesaria adopción de medidas tendentes a reducir el efecto invernadero.

La secretaria de Estado de Cambio Climático aborda en esta entrevista la complejidad de los encuentros internacionales, la situación actual y las previsiones futuras en una materia que afecta a la humanidad en su conjunto.

EL CAMBIO CLIMÁTICO

Son muchos los factores que intervienen en el estudio del clima, como las características de la Tierra y su masa vegetal, la cantidad de agua dulce y salada, o la altitud. “Pero el clima de la Tierra no solamente varía geográficamente –afirma Teresa Ribera– sino también en el tiempo, si bien es cierto que las grandes diferencias se dan en periodos de tiempo de vida geológica, medidos en miles de años. Se pueden producir ciclos más cálidos o más fríos que tienen que ver, entre otras cosas, con la actividad volcánica o con la intensidad de la actividad solar”.

“Sin embargo, hay diversas razones que nos llevan a pensar que el cambio climático se produce también por razones que no son naturales. Un ejemplo claro es la aparición de fenómenos meteorológicos extremos, cuya intensidad y frecuencia aumentan con respecto a las series estadísticas y al conocimiento del paleoclima (clima de épocas anteriores). Otro dato llamativo es la variación de las temperaturas medias del planeta, de acuerdo con datos comprobados y contrastados; de hecho, los récord de años cálidos han tenido lugar en la última década, con respecto a toda la centuria”.



En este sentido, la secretaria de Estado nos da a conocer un dato publicado recientemente, con motivo del Día Meteorológico Mundial. “Según la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), en el periodo 1970-2000 y en el periodo 1980-2010, es decir, en el promedio de 30 años con esa variación de una década, el incremento de la temperatura media de la Península Ibérica es de 0,4° C. Eso es una barbaridad”.

La consecuencia más directa de estas alteraciones en los patrones climáticos habituales será “el derretimiento de nieve o de los glaciares, lo que incrementará la posibilidad de calentamiento, al haber menos superficie blanca reflejando la luz del sol y, por tanto, mayor capacidad de absorción. Esto generará alteraciones en el ciclo hidrológico, una pérdida de calidad del suelo y un resecamiento que puede hacer que se produzcan con mayor frecuencia incendios forestales por ejemplo en nuestra latitud. Además, en paralelo se incrementará la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, alterando los patrones climáticos habituales”.

En el promedio de 30 años la temperatura media de la Península Ibérica se ha incrementado 0,4° C ”

LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL

La preocupación por el clima se inicia a finales de la década de los años cincuenta del siglo XX, cuando los científicos comienzan a plantear que puede haber una relación entre la concentración de gases de efecto invernadero y la alteración del sistema climático.

En los años setenta se va asentando una cierta doctrina, que se consolida en 1988 con la creación del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) por parte de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con el fin de analizar la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender los elementos científicos del riesgo que supone el cambio climático provocado por las actividades humanas, sus posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y atenuación del mismo.

Según el IPCC, hay un 98 % de probabilidad de que el cambio climático esté relacionado con la actividad el hombre. “Esto es debido -explica Teresa Ribera- a que esa alteración en los patrones climáticos tiene mucho que ver con uno de los cinco elementos que configuran el clima, que es la atmósfera, donde se observa un incremento de la concentración de gases de efecto invernadero a un ritmo que nunca antes, incluso en eras geológicas, se había dado”.

“Y esa mayor concentración de gases de efecto invernadero coincide con un mayor desarrollo de la actividad humana, es decir, con el origen y generalización del acceso a fuentes de energía basadas en la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) y también con un incremento importante de las alteraciones de usos de suelo, con procesos de deforestación muy importantes por razones demográficas y económicas”.

Son muchos los aspectos que quedan aún por conocer, como reconoce la secretaria de Estado. “Campos como la química de la atmósfera, la modelización o los patrones biológicos estudian este fenómeno. No sabemos si el calentamiento que observamos hoy debe imputarse a las emisiones que se produjeron hace 100 años, 50 o 20, ni tampoco si es posible pensar que es un efecto global que se distribuye de manera equitativa por todo el planeta o tiene mayor intensidad en las zonas próximas donde se produce la emisión directa. Hay todavía muchas cosas por resolver”. Por eso, una de las principales actividades del IPCC es hacer un seguimiento periódico de los conocimientos sobre el cambio climático, elaborando informes de evaluación, informes especiales y guías metodológicas consensuadas entre los expertos y los gobiernos.

Teresa Ribera has a degree in Law from Madrid's Complutense University; she belongs to the Senior Corps of Spanish Civil Servants and is an associate professor of the Department of Public Law and Philosophy of Law in the Autonomous University of Madrid.

In 2001, after the Ministry of the Environment created the Spanish Climate Change Office (OECC), Ribera was appointed head of the development area and in 2004 the office coordinator. She held that post until November 2006, when she was promoted to director general of the OECC.

Since April 2008, she is Secretary of State for Climate Change of the Ministry of the Environment and Rural and Marine Affairs.

There seems to be an increasing amount of evidence demonstrating the effect of human activity on the climate.

The concern about climate change is an international reality, as is the imperative to take measures aimed at reducing the greenhouse effect.

In this interview, the Secretary of State for Climate Change discusses the complexity of international meetings, the current situation and future forecasts in an issue that affects all of humanity.

CLIMATE CHANGE

There are many factors involved in the study of the climate, such as the characteristics of the Earth and its plant life, the quantity of fresh and salt water and altitude. “But the Earth's climate not only varies geographically – says Teresa Ribera – but also over time, although it is true that the big differences are found in geological life spans measured in thousands of years. There are hotter or colder cycles that have to do with volcanic activity or the intensity of solar activity, among others”.

“However, there are reasons to believe that climate change is also caused by non-natural events. One clear example is the occurrence of extreme meteorological phenomena, the intensity and frequency of which are increasing with respect to statistical series and paleoclimatic data (climate of previous eras). Another striking fact is the variation in the average temperatures of the planet, according to verified, proven data; in fact, the records for hot years have been set during the last decade with respect to the whole century”.

In this respect, the Secretary of State cites a fact recently published on occasion of World Meteorological Day. “According to the National Meteorology Agency (AEMET), in the period from 1970-2000 and in the period from 1980-2010, i.e., in 30 years on average with that one-decade

In 30 years on average, the average temperature on the Iberian Peninsula has increased 0.4° C ”



LA CONVENCIÓN MARCO

El primer informe de evaluación del IPCC se publicó en 1990. A raíz de ello, la Asamblea General de las Naciones Unidas decidió preparar una Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en 1992. “A la vista de la información científica recogida en ese informe, la comunidad internacional entendió que era imprescindible ponerse de acuerdo en cómo el conjunto de los países debía actuar para hacer frente al cambio climático, reducir sus emisiones y adaptarse a los efectos”.

“Cada vez hay más autores que quieren participar en la elaboración de los informes, procedentes de las disciplinas más diversas (ecólogos, biólogos, hidrólogos, expertos en energía, en economía), al entender que las ciencias sociales tienen mucho que aportar a la hora de plantear soluciones. Así, la influencia de esas conclusiones es mayor y, simultáneamente, la voluntad de conocer mejor qué está pasando y de qué modo se puede contribuir crece, lo que redundará en una información cada vez es más rigurosa”.

EL PROTOCOLO DE KIOTO

A pesar de los importantes avances en el estudio del cambio climático en el ámbito internacional, reconoce Teresa Ribera que “los científicos se dan cuenta de que no es suficiente con decir cuáles son las grandes líneas de actuación, sino que es importante incorporar compromisos obligatorios y un sistema de vigilancia de los mismos. De este modo, en la reunión de Kioto en 1997 se adopta un protocolo por el que los países industrializados se comprometen a ejecutar un conjunto de medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero o limitar su crecimiento”.

variation, the average temperature on the Iberian Peninsula has increased 0.4° C. That is outrageous”.

The most direct impact of these alterations on the normal climate patterns will be “melting snow or glaciers, which will make warming more likely as there will be less white surface areas reflecting sunlight and, consequently, a greater capacity for absorption. This will lead to changes in the hydrological cycle, a loss of soil quality and drier conditions, which could result in a greater frequency of forest fires, for example, in our latitude. In parallel, the frequency of extreme meteorological phenomena will also increase, changing normal climate patterns”.

INTERNATIONAL COOPERATION

People first became concerned about the environment late in the decade of the 1950s, when scientists began to think there could be a relationship between the concentration of greenhouse gases and changes in the climate system.

In the 1970s the idea began to take hold, and was consolidated in 1988 with the creation of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) by the World Meteorological Organization (WMO) and the United Nations Environment Program (UNEP), that the relevant scientific, technical and socioeconomic information had to be analyzed to

There is a 98% probability that climate change is related to human activity ”

Hay un 98 % de probabilidad de que el cambio climático esté relacionado con la actividad humana ”

“Un país puede cumplir directamente con el Protocolo de Kioto porque está dentro del porcentaje que se le ha asignado, o bien si no llega a ese objetivo puede comprar a otro que esté por debajo del nivel de emisiones permitido o a países en vías de desarrollo, los créditos que le reconozca el sistema de Naciones Unidas. Esto resulta absolutamente revolucionario desde distintas perspectivas”.

“En primer lugar, porque genera un sistema de vigilancia de los compromisos con capacidad de sanción en el ámbito ambiental, con gran incidencia económica. El hecho de introducir esas herramientas de mercado en el esquema de cumplimiento hace que se traslade rápidamente en las decisiones de inversión una señal de valor y de desvalor, y los planteamientos se hacen desde una nueva perspectiva económica. Esto ayuda a que la inversión inicial en los países en desarrollo se oriente a tecnologías limpias, que se convierten en activos que serán útiles durante 30 o 40 años; éste es un primer paso importante”.

“En segundo lugar, esta perspectiva permite hacer atractiva una inversión en desarrollo tecnológico que, con los procesos habituales, habría requerido de más tiempo. En cualquier caso, no hay que olvidar que el ritmo de crecimiento de la población mundial y la democratización de la demanda de los bienes energéticos genera una presión en los mercados internacionales de combustibles fósiles que se traduce en tensiones en precio y en accesibilidad a esos recursos. Todo ello hacía pensar que era necesario buscar alternativas”.

En este sentido, en el marco del Protocolo de Kioto, la Unión Europea “decide liderar ese proceso y crea un sistema de comercio de derechos de emisión”, que permite asignar a las empresas cuotas para sus emisiones de gases de efecto invernadero en función de los objetivos de sus respectivos gobiernos en materia de medio ambiente; y superar su cuota de emisiones a condición de que encuentren otras empresas que produzcan menos emisiones y les vendan sus cuotas. De esta forma, las empresas, motivadas por los beneficios que obtienen de esta venta, desarrollan y utilizan tecnologías limpias.

UNA RESPONSABILIDAD COMPARTIDA

Para los habitantes del mundo desarrollado es sencillo y razonable plantear la necesidad de contribuir a una reducción de emisiones, aplicando diversas medidas de ahorro. Sin embargo, resulta difícil trasladar esa reflexión a los países en desarrollo, y plantearles que deben adoptar modelos energéticos no contaminantes, cuando el espacio que les separa del desarrollo es aún muy grande.

understand the scientific elements of the risk entailed in climate change caused by human activities, its possible repercussions and the possibility of accommodating and attenuating it.

According to the IPCC, there is a 98 % probability that climate change is related to human activity. “This –Teresa Ribera explains– is because these alterations in climate patterns have a lot to do with one of the five component elements of climate – the atmosphere – where we have found that the concentration of greenhouse gases is growing at a pace never seen before, even in geological eras”.

And that greater concentration of greenhouse gases coincides with greater development of human activity, i.e., with the beginning and subsequent generalization of access to energy sources based on fossil fuel combustion (coal, oil and gas) and also with increasing changes in soil use, with very significant deforestation processes owing to demographic and economic reasons”.

They are still many things left to learn, says the Secretary of State. “This phenomenon is studied in fields such as atmospheric chemistry, modeling and biological patterns. We do not know if the warming we observe today can be attributed to the emissions of 100, 50 or 20 years ago, or if it is possible to say that it is a global effect that is equally distributed around the planet or if it is more concentrated in the areas near where there are direct emissions. There are still many things to be explained”. Therefore, one of the main activities of the IPCC is to periodically track the knowledge about climate change and draw up assessment reports, special reports and methodological guidelines agreed on by consensus between experts and governments.

THE FRAMEWORK CONVENTION

The first assessment report of the IPCC was published in 1990. As a result of that report, the United Nations General Assembly decided to prepare a Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) in 1992. “In view of the scientific information contained in that report, the international community understood that it was imperative to agree on how countries should act to address climate change, reduce their emissions and adapt to the effects”.

“There is an increasing number of authors from a diverse range of disciplines (ecologists, biologists, hydrologists, energy experts, economists) who want to help prepare the reports, as they believe that the social sciences have a lot to offer when proposing solutions. The conclusions thus have a greater influence and, simultaneously, there is a greater will to better understand what is happening and how one can help, which means that we have increasingly rigorous information”.

THE KYOTO PROTOCOL

In spite of the progress made in the study of climate change in the international arena, Teresa Ribera says that “scientists realize that it is not enough to say what



A este respecto, para la secretaria de Estado “que los grandes países emergentes requieran con una voracidad importante materias primas para un mayor acceso al bienestar de su población y los países más pobres y los absolutamente paupérrimos también aspiren a ello genera una presión adicional notable, y desigual. Porque si en los próximos años se incrementa la demanda de un bien limitado, como es el petróleo, esto significa que el precio se disparará y lo que para un europeo resulta caro lo es todavía más para los países en vías de desarrollo”.

“De manera adicional, los efectos del cambio climático son enormemente injustos en términos de vulnerabilidad y

Ha sido muy difícil políticamente hacer ver a los países en desarrollo que la responsabilidad por el futuro es compartida ”

It has been very politically difficult to make developing countries realize that the responsibility for the future is shared ”

the major courses of action should be, but rather it is important to include binding commitments and a system to monitor them. For this reason a protocol was adopted in the 1997 Kyoto meeting whereby the industrialized countries made a commitment to implement a series of measures to reduce greenhouse gas emissions or limit their growth”.

“A country can either directly comply with the Kyoto Protocol because it is within the percentage assigned to it, or else, if it does not achieve that objective, it can buy the credits recognized by the United Nations system from another country that is below the admissible level of emissions or from a developing country. This is an absolutely revolutionary concept from many perspectives”.

“First of all, it includes a system to monitor the commitments with the authority to impose very significant economic environmental fines. By introducing those market tools to fulfill the commitments, a value or non-value added signal is rapidly conveyed to investment decisions and proposals are made from a new economic perspective. This helps developing countries focus the initial investment on clean technologies, which are converted into assets that will be useful for 30 or 40 years. This is a first, very important step”.

“Secondly, this perspective makes an investment in technology development, which with the normal processes would require more time, very attractive. At any rate, we must not forget that the growth rate of the world’s population and the democratization of the energy resource demand put pressure on international fossil fuel markets that results in price tensions and problems of accessibility to those resources. All this underlined the need to seek alternatives”.

In this respect, in the framework of the Kyoto Protocol, the European Union “has decided to lead this process and create an emission rights trading mechanism”, whereby greenhouse gas emission quotas are assigned to companies based on the environmental objectives of their respective governments, and they are allowed to exceed their emissions quota provided they can find other companies that produce less emissions to sell them their quotas. In this way, companies, motivated by the profits they can earn on the sale, will develop and use clean technologies.

A SHARED RESPONSIBILITY

For the inhabitants of the developed world, it is easy and reasonable to address the need to reduce emissions by applying different saving measures. However, it is hard to convey this idea to developing countries and tell them they should adopt non-polluting energy models when there is still a very large development gap.

Gestionar bien los residuos no es un capricho, sino hacer un uso inteligente de los recursos ”

de capacidad de reacción. Por ejemplo, en Bangladesh han tenido que ir reconstruyendo las ciudades en alto para que el agua pase por debajo. Esto representa alrededor del 10 % del PIB cada año para hacer exactamente lo mismo: crear sistemas de alerta, nuevos accesos a servicios básicos, etc.”.

“Por otra parte, ha sido muy difícil políticamente hacer ver que, con independencia de que la responsabilidad por lo pasado es mucho mayor en los países industrializados, la responsabilidad por el futuro es compartida y, por tanto, es imprescindible que todos los países hagan lo máximo que puedan según su capacidad. Por tanto, el Protocolo de Kioto ha servido para iniciar un proceso de cambio y para ensayar el trasvase de flujos financieros de países industrializados a países en vías de desarrollo, aunque debemos reconocer que se queda corto dada la magnitud del problema”.

DE COPENHAGUE A CANCÚN

El objetivo de la Cumbre celebrada en diciembre de 2010 en Cancún, México, era concluir un acuerdo jurídicamente vinculante sobre el clima, después de que en la Conferencia de Copenhague de 2009 sólo se lograra un acuerdo parcial y no vinculante.

Teresa Ribera conoce bien las negociaciones en las cumbres del clima, ya que participa de forma directa, y reconoce que “después de Copenhague quedó la duda de que el sistema de Naciones Unidas fuera capaz de gestionar una gobernanza global en temas de interés para todos los miembros, o si por el contrario se estaba asentado un gobierno de élite, formado por un grupo pequeño de países, quedando los demás al margen de las negociaciones”.

“Afortunadamente, Cancún puso de manifiesto, por contraste con Copenhague, que sí es posible y es absolutamente imprescindible para ser eficaces que en un tema tan crucial todos los países participen en la decisión final de los acuerdos, sin imposiciones posteriores”.

EL CASO DE ESPAÑA

Centrando el análisis en España, Teresa Ribera entiende que el nuestro ha sido “un caso absolutamente extraordinario. Nuestro país asumió el compromiso de contener el crecimiento de sus emisiones con respecto a 1990 en un 15 % en el periodo 2008-2012 y, sin embargo, en 2005 estábamos en un 50 % por encima. Es cierto que el plazo 1997-2005 había coincidido con un periodo de crecimiento muy notable demográfica y económicamente y eso explica, en gran medida, ese desfase. Además, en 1997 el conocimiento general del cambio climático, de sus consecuencias y de la afectación directa a cada uno de nosotros, era prácticamente inexistente”.

In this respect, the Secretary of State says “that the large emerging countries are voraciously demanding significant amounts of raw materials to improve their populations’ well-being, and the very poor and most impoverished countries also have these aspirations, and this additionally creates a significant and unequal pressure. Because if in the years to come the demand for a limited resource such as oil increases, this will mean that the price will shoot up and what for a European is expensive will be even more so in the developing countries”.

“Furthermore, the effects of climate change are tremendously unfair in terms of vulnerability and ability to react. For example, Bangladesh has had to start reconstructing cities up high so that the water will pass under them. This represents around 10 % of GDP per year to achieve exactly the same thing: create warning systems, new accesses to basic services, etc.”

“On the other hand, it has been very politically difficult to make countries realize that, even though the industrialized countries have been much more responsible for the past, the responsibility for the future is shared and, consequently, it is essential that all countries do as much as they can in accordance with their ability. Therefore, the Kyoto Protocol has served to begin a process of change and to test the transfer of financial flows from industrialized to developing countries, although we should recognize that it is still insufficient given the magnitude of the problem”.

FROM COPENHAGEN TO CANCUN

The purpose of the Summit held in December 2010 in Cancun, Mexico, was to conclude a legally binding climate agreement, since the agreement reached in the Copenhagen conference of 2009 was only partial and non-binding.

Teresa Ribera is very familiar with the negotiations in the climate summits because she has directly participated in them, and she recognizes that “after Copenhagen we were left with the doubt of whether the United Nations system was capable of implementing global governance in matters of interest to all members or whether, on the contrary, a government of the elite, formed by a small group of countries, was taking hold, leaving the others outside the negotiations”.

“Fortunately, unlike Copenhagen, Cancun was proof that it is possible, and absolutely essential in order to be effective in such a crucial issue, that all the countries have a say in the final decision on agreements, without subsequent impositions”.

Managing wastes well is not a whim, but rather an intelligent use of resources ”

“Cuando entendimos el valor que tiene por razones ambientales y extraambientales un comportamiento eficiente, en términos energéticos y de emisiones de gases de efecto invernadero, se puso en marcha un proceso de cambio de modelo energético. Hasta ese momento, nos habíamos centrado en un crecimiento basado en la premisa de energía barata en lugar de incentivar un comportamiento eficiente, lo que hizo que nuestras emisiones y nuestro consumo de energía primaria crecieran sistemáticamente, siempre por encima del PIB. Éramos enormemente ineficientes”.

“La situación ha ido cambiando. Al poner en marcha herramientas como incentivar el ahorro y la eficiencia, así como las tecnologías no emisoras de gases de efecto invernadero –las renovables– con preferencia de acceso a la red y con el sistema de primas, y penalizar las tecnologías con combustibles fósiles a través de una reducida asignación de derechos de emisión, todo ello logró que las emisiones cayeran de manera muy importante”.

“El año 2009 se cerró con un 26 % superior a la cifra prevista, y la estimación de cierre de 2010 es del 20 %. Estamos por encima de nuestro objetivo, pero sabíamos que era imposible reducir nuestras emisiones al 15 %. Así, asumimos que debíamos participar activamente en los mercados internacionales de carbón, y desde entonces hemos intentado que las compras de derechos de emisión que hace el Gobierno –que cubren el exceso de emisiones de los ciudadanos, porque las industriales llevan su propio proceso– se vinculen en los mercados internacionales con una inversión en desarrollo limpio en terceros países”.

“Pero el objetivo no es comprar, sino cumplir con lo acordado y que ello sirva para transformar nuestro modelo económico y energético a uno más eficiente y mucho más limpio. Por tanto, es mejor incentivar al máximo la reducción de emisiones en casa y salir a comprar fuera. Los beneficios no solamente son ambientales, también están asociados a cuestiones de salud, con el fin de mejorar nuestra calidad de vida. Porque, por ejemplo, gestionar bien los residuos urbanos no es un capricho, sino hacer un uso inteligente de los recursos”.

“A medio plazo, lo razonable es que España sea capaz de reducir sus emisiones en un 20 % con respecto a las de 2005, simplemente con el mantenimiento de las políticas puestas en marcha y con una intensificación, esto es absolutamente clave, de medidas de ahorro y eficiencia energética”.

EL MODELO ENERGÉTICO

Haciendo una previsión de futuro, Teresa Ribera afirma que “las actuales fuentes energéticas, fundamentalmente los

El objetivo no es comprar emisiones sino transformar el modelo económico y energético a uno más eficiente y mucho más limpio ”

The goal is not to buy emissions, but rather to transform the economic and energy model into a more efficient, much cleaner one ”

THE CASE OF SPAIN

Focusing the analysis on Spain, Teresa Ribera realizes that ours “has been an absolutely extraordinary case. Our country assumed the commitment to contain the growth of its emissions by 15 % with respect to the 1990 level by 2008 to 2012, but in 2005 we were 50 % above that level. It is true that the period from 1997-2005 coincided with very significant demographic and economic growth and, to a great extent, this explains the difference. In addition, in 1997 there was little general knowledge about climate change, its consequences and how it directly affects every one of us”.

“When we understood the environmental and extra-environmental value of efficient performance, in terms of energy and greenhouse gas emissions, a process to change the energy model was implemented. Up to that time, we had focused on growth based on the premise of cheap energy instead of incentivizing efficient performance, which meant that our emissions and our primary energy consumption systematically grew above GDP. We were enormously inefficient”.

“The situation has been changing. By implementing tools to incentivize saving and efficiency, as well as non-greenhouse gas emitting technologies –the renewables– with grid access preference and the premium system, and by penalizing the technologies that use fossil fuels through the assignment of fewer emission rights, the emissions have dropped very significantly”.

“The year 2009 ended with a figure 26 % higher than planned, and the estimation for the end of 2010 is 20 %, but we knew that it was impossible to reduce our emissions to 15 %. We therefore assumed that we should actively trade on the international carbon markets, and since then, in the international markets, we have attempted to link the purchases of emission rights made by the Government –which cover the excess emissions by individuals, because industries manage their own processes – to an investment in clean development in third countries”.

“But the goal is not to buy, but rather to fulfill the commitment so that this will help us transform our economic and energy model into a more efficient, much cleaner one. Therefore, it is better to provide maximum incentives to reduce emissions at home and go abroad to buy. The benefits are not only environmental but are also associated with matters of health, in order to improve our quality of life. For example, managing urban wastes is not a whim, but rather an intelligent use of resources”.

“In the medium term, it is reasonable to think that Spain will be able to reduce its emissions by 20 % with respect to 2005, simply by maintaining the policies

Secretaría de Estado de Cambio Climático.
Secretary of State for Climate Change.

combustibles fósiles y la nuclear, son soluciones temporales, hasta que seamos capaces de desarrollar y gestionar un modelo energético 100 % renovable. En el escenario que se maneja a nivel europeo para el conjunto del sistema energético, con la premisa de que entre el 80 y el 95 % de las emisiones sean reducidas en el año 2050, es imprescindible que el sistema eléctrico para el conjunto de Europa sea libre de CO₂ y que el transporte, a pesar de la previsión de incremento de la demanda, logre reducir sus emisiones con respecto a las actuales alrededor de un 50 %”.

“Por otra parte, es necesario implantar políticas activas de fijación de CO₂ en sumideros, y tener capacidad para su captura y almacenamiento geológico. Lo razonable es que España aproveche todo el potencial que tiene en relación con las alternativas de origen renovable, especialmente la radiación solar directa, una tecnología que ha logrado superar algunas de las barreras de otras tecnologías renovables, y que es almacenable y gestionable”.

Pero la secretaria de Estado da un papel importante también a la información y la comunicación. “Estoy convencida de que existe una voluntad y una conciencia colectiva orientada a aportar soluciones. La sociedad en su conjunto puede lograr avances muy importantes con una adecuada gestión de los residuos y con la aplicación de medidas de ahorro y eficiencia energética. Aunque no siempre resulte sencillo, desde las administraciones públicas tenemos la responsabilidad política de transmitir el mensaje de que es imprescindible un cambio de modelo de vida”

already implemented and strengthening – and this point is key – the energy saving and efficiency measures”.

THE ENERGY MODEL

Looking to the future, Teresa Ribera says that “the current energy sources, basically the fossil fuels and nuclear, are temporary solutions until we are capable of developing and managing a 100 % renewable energy model. In the scenario at the European level for the energy system as a whole, with the premise that between 80 and 95 % of emissions have to be reduced by 2050, it is imperative that the electric power system for all of Europe be CO₂ free and that emissions in the transport sector, regardless of the forecast for increasing demand, be reduced 50 % below the current levels”.

“On the other hand, active policies must be implemented for CO₂ fixation in sinks and to provide the capacity for geological sequestration and storage. The reasonable thing is for Spain to take advantage of all the potential it has in the area of renewable alternatives, especially direct solar radiation – a technology that has managed to overcome some of the barriers of other renewable technologies and which is storable and manageable”.

But the Secretary of State says that information and communication also play an important role. “I’m convinced there is a collective awareness and will to provide solutions. Society as a whole can achieve very significant advances with adequate waste management and the application of energy saving and efficiency measures. Although it’s not always easy, the public administrations have the political responsibility to convey the message that it is essential to change our way of living.”



Premio Cátedra Hunosa

La tesis doctoral presentada por Antonio Hurtado Bezos, investigador del CIEMAT, ha sido premiada por la Cátedra Hunosa de la Universidad de Oviedo, en su primera edición. La investigación llevada a cabo por el Dr. Hurtado aborda un problema de actualidad, el almacenamiento del CO₂, en concreto el almacenamiento en formaciones permeables



Antonio Hurtado Bezos.
Antonio Hurtado Bezos.

profundas, las de mayor capacidad potencial para contener ese CO₂, y las incertidumbres asociadas a dichas estimaciones, lo que exige un conocimiento pormenorizado sobre estas formaciones y el desarrollo de una metodología adecuada. También se exponen los resultados obtenidos de la aplicación de la misma a una amplia área de la cuenca del Duero, la mayor cuenca sedimentaria de la Península Ibérica

Este galardón, que fue entregado en noviembre en el Paraninfo de la Universidad de Oviedo, supone un reconocimiento a la carrera académica y profesional de Antonio Hurtado, quien confiesa encontrarse muy satisfecho con el mismo, así como de contribuir con su trabajo en dar respuesta a un problema de la magnitud de las emisiones de CO₂ en la sociedad actual.

Este trabajo de investigación, realizado íntegramente en el CIEMAT, se enmarca dentro del acuerdo CIEMAT-IGME para el desarrollo del Proyecto Singular Estratégico del Programa Nacional de Energía del Ministerio de Educación y Ciencia, denominado «Tecnologías Avanzadas de Generación, Captura y

Almacenamiento de CO₂», así como de la colaboración CIEMAT-Universidad de León, surgida a raíz de la creación del Proyecto CIEMAT-El Bierzo.

Homenaje a Juan Antonio Rubio

El presidente de la Junta de Extremadura, Guillermo Fernández Vara, y la ministra de Ciencia e Innovación, Cristina Garmendia Mendizábal, presidieron el 17 de noviembre del año pasado, el homenaje que se rindió al que fuera director general del CIEMAT, Juan Antonio Rubio Rodríguez, acto en el que el Centro Extremeño de Tecnologías Avanzadas pasó a denominarse “Centro Extremeño de Tecnologías Avanzadas Juan Antonio Rubio CETA-CIEMAT”, en reconocimiento de quien fuera director del CIEMAT entre 2004 y 2010 que, entre otras distinciones, recibió el Premio Rey Jaime I de Nuevas Tecnologías.

La ministra de Ciencia e Innovación destacó la “capacidad de trabajo” y la “lealtad” de Juan Antonio Rubio y su labor en el ámbito de la ciencia española e internacional, así como su carácter de

Hunosa Chair Prize

The doctoral dissertation presented by Antonio Hurtado Bezos, a CIEMAT researcher, has been awarded the University of Oviedo Hunosa Chair prize in its first year. The research done by Dr. Hurtado addresses the current issue of CO₂ storage, and specifically storage in deep permeable geological formations which have the greatest potential capacity for containing the CO₂, and also the uncertainties associated with these estimations, which require a detailed knowledge of these formations and the development of a suitable methodology. The dissertation also presents the results obtained from application of the methodology to a large area of the Duero river basin, the largest sedimentary basin on the Iberian Peninsula.

This prize, which was awarded in November in the University of Oviedo

auditorium, recognizes the academic and professional career of Antonio Hurtado, who says he is satisfied with the prize and with his work to help solve the very pressing problem of CO₂ emissions in today's society.

This research work, which was done entirely in the CIEMAT, was carried out in the framework of the CIEMAT-IGME agreement for development of the Singular Strategic Project called “Advanced CO₂ Generation, Capture and Storage Technologies” of the Ministry of Education and Science's National Energy Program, and also the CIEMAT-University of Leon collaboration resulting from creation of the CIEMAT-El Bierzo project.

Tribute to Juan Antonio Rubio

The President of the Extremadura regional government, Guillermo Fernandez

Vara, and the Minister of Science and Innovation, Cristina Garmendia Mendizábal, presided over the tribute paid to the former director general of the CIEMAT, Juan Antonio Rubio Rodriguez. During the ceremony, the Extremadura Center of Advanced Technologies was renamed “Centro Extremeño de Tecnologías Avanzadas Juan Antonio Rubio CETA-CIEMAT” in recognition of Mr. Rubio, who headed the CIEMAT from 2004 to 2010 and who, among other distinctions, was awarded the Rey Jaime I New Technologies Prize.

The minister of Science and Innovation praised Juan Antonio Rubio's hard work and “loyalty” and his accomplishments in the Spanish and international realm of science, as well as for being a “pioneer in Spain” in the field of High Energy Physics; Mr. Rubio spent a large part of his scientific career in the CERN, the European

“pionero en España” en el campo de la Física de Altas Energías, ya que desarrolló gran parte de su carrera científica en el CERN, la organización europea de investigación en Física de Altas Energías.

“Mayores por el Medio Ambiente”

Este es el nombre de un programa de educación ambiental desarrollado por la Consejería de Medio Ambiente en colaboración con la Consejería para la Igual-

dad y el Bienestar Social de la Junta de Andalucía, dirigido a sensibilizar a los mayores sobre su entorno.

Además de los talleres provinciales para promover la participación en el conocimiento de su medio, también se han realizado visitas a instalaciones que están trabajando para dar respuesta a algunas de las cuestiones energéticas y medioambientales que demanda la sociedad en este momento, entre otras, la Plataforma Solar de Almería, en cuyas instalaciones recibieron cumplida cuen-

ta de los trabajos que allí se realizan, además de visitar las instalaciones.

Premio Endesa a la Promoción Inmobiliaria más Sostenible 2010

En la cuarta edición de los Premios Endesa a la Promoción Inmobiliaria más Sostenible, certamen con el que Endesa pretende reconocer y fomentar la construcción respetuosa con el medioambiente y eficiente desde el punto de vista energético, ha obtenido el Gran Premio a la Promoción Inmobiliaria más Sostenible el edificio de la Fundación Barredo, de San Pedro de Anes (en Siero, Asturias), que es uno de los cinco contenedores-demostradores del Proyecto Singular y Estratégico ARFRISOL, sobre arquitectura bioclimática y frío solar, coordinado por el CIEMAT.

El edificio premiado, diseñado por el gabinete de arquitectura ALIA, Arquitectura, Energía y Medio Ambiente, consiste en una edificación de diseño bioclimático, que incorpora energías renovables como la geotermia, la energía solar térmica y fotovoltaica, la biomasa y también



El grupo de Mayores por el Medio Ambiente en la PSA.
Seniors for the Environment in the PSA.

*High Energy Physics research organiza-
tion.*

“Seniors for the Environment”

This is the name of an environmental education program developed by the Environment Council in collaboration with the Equality and Social Affairs Council of the Andalusia regional government which aims to raise environmental awareness among older people.

In addition to the provincial workshops to promote environmental awareness, visits have been organized to facilities that are working to address some of the energy and environmental issues that are currently of concern to society, including the Almería Solar Platform where the visitors were given a full report on the work being done there and a tour of the facilities.

Endesa Prize to the most Sustainable Property Development 2010

In the fourth year of the Endesa Prize to the most Sustainable Property Development, a competition whereby Endesa aims to recognize and promote environmentally friendly and energy efficient construction, the Grand Prize to most Sustainable Property Development was awarded to the Barredo Foundation building of San Pedro de Anes (in Siero, Asturias), which is one of the five containers-demonstrators of the Singular Strategic Project ARFRISOL on bioclimatic architecture and solar cooling coordinated by the CIEMAT.

The prize-winning building, designed by the architectural firm ALIA, Arquitectura, Energía y Medio Ambiente, has a bio-

climatic design that incorporates renewable energies such as geothermal, solar thermal and photovoltaic, biomass and also the associated technologies, e.g. absorption equipment. One of the features most highly regarded by the jury for these prizes has been the thorough monitoring of building operations and the commitment to reporting on the work carried out as part of the PSE-ARFRISOL.

Presentation of I3M

I3M, the Molecular Imaging Instrumentation Institute, is a mixed, jointly owned center set up by the Spanish National Research Council (CSIC), the Polytechnic University of Valencia and the CIEMAT. The three institutions complement each other in the field of biomedicine research, providing the CSIC with research experience in this field. The

la tecnología asociada, como las máquinas de absorción. Una de las características más valoradas por el jurado de estos premios ha sido la monitorización exhaustiva del funcionamiento del edificio y el compromiso en la divulgación del trabajo realizado que se efectúa por parte del PSE-ARFRISOL.

Presentación del I3M

El I3M, Instituto de Instrumentación para Imagen Molecular, es un Centro Mixto de titularidad compartida constituido por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), la Universidad Politécnica de Valencia y el CIEMAT. Las tres instituciones se complementan en el ámbito de la investigación en Biomedicina, aportando el CSIC su experiencia en la investigación en este campo, el CIEMAT su capacidad para afrontar proyectos de instrumentación científica, especialmente en imagen biomédica, y a ellos se une la reconocida labor de la Universidad Politécnica de Valencia en cuanto al número de patentes y su actividad en la transferencia tecnológica. La sede del I3M se encuentra en el Campus

de Vera de la Universidad Politécnica de Valencia.

La relevancia del I3M presentado en sociedad en enero radica en que su trabajo se dirigirá a la obtención de imágenes moleculares del organismo, lo que resultará de incalculable valor para el diagnóstico y terapia de algunas enfermedades, como, por ejemplo, el cáncer. El I3M nace con la intención de transferir a la sociedad el conocimiento y la tecnología desarrollados, fomentando así la creación de empresas de tecnología puntera en el campo de detectores de radiación para aplicaciones biomédicas.

Uno de los proyectos en los que se encuentra inmerso el I3M es el desarrollo de un sistema PET/Resonancia magnética que permita diagnosticar adecuadamente las enfermedades neurodegenerativas, al ser capaces de obtener imágenes dinámicas y simultáneas de ambos sistemas de imagen. Este sistema también es susceptible de emplearse en las mamografías, evitando así tener que someter a presión los senos, ya que serían anillos detectores los que analizarían la mama.

Se constituye TechnoFusión

Con un objetivo definido por la futura construcción, puesta en marcha y funcionamiento de lo que será la Instalación Científico-Técnica Singular "Centro nacional de Tecnologías para la Fusión -TechnoFusión" se firmó entre las Universidades Politécnica y Carlos III, ambas de Madrid, y el CIEMAT, a finales de enero, el acuerdo que constituía la Fundación TechnoFusión. Cuando esté en funcionamiento, esta infraestructura favorecerá la participación en el Programa Europeo de Fusión de los centros de I+D, las universidades y las empresas relacionadas con el proyecto.

TechnoFusión nace de un proyecto en conjunto entre el Ministerio de Ciencia e Innovación y la Comunidad de Madrid. Las instalaciones de TechnoFusión se localizarán en el Parque Tecnológico de la UPM (TecnoGetafe), en el Parque Científico de la UC3M (Leganés Tecnológico), y en la sede del CIEMAT en Moncloa. Está previsto que la instalación esté operativa en 2015-2016.

La Instalación Científico-Técnica Singular TechnoFusión se estructurará en

CIEMAT contributes its capacity to take on scientific instrumentation projects, especially in biomedical imaging, and the Polytechnic University of Valencia is recognized for its work in technology transfer and the number of patents it has obtained. The headquarters of I3M are located on the Vera Campus of the Polytechnic University of Valencia.

The relevance of I3MN, which was inaugurated in January, lies in the fact that its work will be aimed at obtaining molecular images of the organism, which will be of incalculable value for the diagnosis and treatment of some diseases such as cancer. I3M has been conceived to transfer the knowledge and technology it develops to society, thus fostering the creation of high tech firms in the field of radiation detectors for biomedical applications.

One of the projects I3M is involved in is the development of a PET/magnetic reso-

nance system that will be used to correctly diagnose neurodegenerative diseases, as it will be able to obtain simultaneous dynamic images from both imaging systems. This system would also be useful for mammograms, as it would avoid having to put pressure on the breasts since the breast would be scanned with detector rings.

TechnoFusión Is Created

In late January, the Polytechnic University (UPM) and Carlos III University (UC3M) of Madrid and the CIEMAT signed the agreement creating the TechnoFusión Foundation for the purpose of the future construction, startup and operation of what will be the Singular Scientific-Technical Facility "National Technology Center for Fusion - TechnoFusión". When it is in operation,

the infrastructure will favor participation of R&D centers, universities and businesses associated with the project in the European Fusion Program.

TechnoFusión is the result of a joint project between the Ministry of Science and Innovation and the Madrid Autonomous Community. The TechnoFusión installations will be located in the UPM Technology Park (TecnoGetafe), the UC3M Science Park (Leganés Tecnológico) and the CIEMAT offices in Madrid. The facility is due to start operating in 2015-2016.

The Singular Scientific-Technical Facility TechnoFusión will be structured around seven major scientific-technological areas that are based on the issues to be addressed in the field of fusion in order to make future commercial fusion reactors a reality: production and materials processing, materials irradiation, plasma-

siete grandes áreas científico-tecnológicas que se corresponden con los problemas que deben abordarse en el campo de la fusión para hacer realidad los futuros reactores comerciales de fusión, así: Área de producción y procesado de materiales, Área de irradiación de materiales, Área de interacción plasma-pared, Área de tecnología de metales líquidos, Área de técnicas de caracterización, Área de tecnologías de manipulación remota y Área de simulación computacional.

El CIEMAT y la UC3M firman un acuerdo de colaboración en el ámbito de la Ingeniería Biomédica

El 2 de febrero pasado se firmó un acuerdo de colaboración científica y tecnológica en el área de la Ingeniería Biomédica, siendo los firmantes, el rector magnífico de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M), Daniel Peña Sánchez de Rivera, y el director general del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), Cayetano López Martínez.



El director general del CIEMAT, el rector de la UPM y el rector de la UC3M, firmando el acuerdo.
The Director General of CIEMAT, the Rector of the UPM and the Rector of the UC3M signing the Agreement.

El objeto del acuerdo de colaboración es el desarrollo y la innovación tecnológica en el área de la Ingeniería Biomédica y, en particular, en la Ingeniería Tisular y Medicina Regenerativa, mediante la creación de una Unidad Mixta (UM) entre ambas instituciones; UM que estará dirigida por el Dr. José Luis Jorcano, investigador del CIEMAT y profesor de la UC3M, dedicándose a la realización de proyectos y programas de investigación científica, desarrollo e innovación tecnológica, tanto nacionales como internacionales, compartiendo instalaciones y

equipamientos de ambas instituciones, haciendo particular hincapié en las actividades de transferencia de conocimiento y resultados de la investigación. Se prestará una atención especial a la promoción y divulgación de la cultura científica y los avances tecnológicos. También se fomentará la realización de tesis doctorales y proyectos de fin de carrera de estudiantes de grado y máster de la UC3M.

Uno de los objetivos inmediatos e innovadores de esta UM, será la creación de equipos mixtos entre investigadores y médicos para ser capaces de trasladar a

wall interaction, liquid metals technology, characterization techniques, remote handling technologies and computational simulation.

The CIEMAT and UC3M Sign a Collaboration Agreement for Biomedical Engineering

On February 2, a scientific and technological collaboration agreement in the field of Biomedical Engineering was signed by the Rector of the Carlos III University of Madrid (UC3M), Daniel Peña Sanchez de Rivera, and the Director General of the Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), Cayetano López Martínez,

The purpose of the Collaboration Agreement is technology development and innovation in the field of Biomedical

Engineering, and in particular in Tissue Engineering and Regenerative Medicine, through creation of a Mixed Unit (UM) between the two institutions. This UM will be headed by Dr. Jose Luis Jorcano, CIEMAT researcher and UC3M professor, and will focus on the execution of both national and international scientific and technological research, development and innovation projects, with the two institutions sharing installations and equipment and with particular emphasis on the transfer of knowledge and research results. Special attention will be paid to the promotion and dissemination of scientific culture and technological advances. The agreement will also encourage undergraduate and graduate students of the UC3M to carry on and complete graduation projects and doctoral dissertations.

One of the first and most innovative objectives of this UM will be to create mixed

teams of researchers and physicians to more effectively transfer to patients the cellular therapy developments obtained in the CIEMAT and UC3M laboratories, as well as any other developments obtained in the future in cooperation with physicians. This type of truly multidisciplinary structure, which involves the collaboration of scientists, physicians and engineers, is considered to be essential for the future in the most developed countries. The Getafe hospital will be one of the reference hospitals for this cooperation project.

Double Chooz, Prepared to Detect Neutrinos

Scientists from the Particle Physics Division of the CIEMAT have designed part of the Double Chooz detector for data acquisition. There are 35 scien-



Representantes del CIEMAT y la UC3M tras la firma del acuerdo.
Representatives of CIEMAT and UC3M after signing the Agreement.

los pacientes, de una manera más eficiente, los desarrollos de terapia celular que se ha realizado en los laboratorios del CIEMAT y de la UC3M, así como aquellos otros que se desarrollen en el futuro en cooperación con los médicos. Este tipo de estructuras genuinamente multidisciplinar, que implica la colaboración de científicos, médicos e ingenieros, están consideradas como fundamentales para el futuro en los países más avanzados. El hospital de Getafe será uno de los hospitales de referencia para esta cooperación.

Double Chooz, preparado para detectar neutrinos

Científicos de la División de Física de Partículas del CIEMAT han diseñado parte del detector *Double Chooz*, haciendo posible la toma de datos. En la colaboración internacional participan 35 instituciones científicas de diversos países: Brasil, Reino Unido, Francia, Alemania, Japón, Rusia y Estados Unidos. Situado en la región francesa de Las Ardenas, este experimento detecta antineutrinos producidos en una central nuclear para

medir el último parámetro desconocido en la oscilación del neutrino, fenómeno por el que esta enigmática partícula se transforma en los tres tipos de neutrinos que existen. Con ello se contribuirá a avanzar en la física de neutrinos, así como en el desarrollo de instrumentos capaces de detectar actividades nucleares al margen de los tratados internacionales –una de las posibles aplicaciones prácticas de la presente investigación–.

La participación del CIEMAT se ha centrado en el sistema de fotomultiplicadores, su caracterización y calibración, la implementación de su blindaje para minimizar efectos de campo magnético, el diseño y la construcción de sus elementos mecánicos de fijación al detector y el desarrollo de diversos componentes electrónicos del sistema “read-out” y de alta tensión. En adelante los investigadores españoles tendrán que analizar los datos y obtener los primeros resultados.

El experimento *Double Chooz* tiene un coste total de 12 millones de euros, de los que España aporta el 5 %, a través del Ministerio de Ciencia e Innovación, en concreto del Plan Nacional de Física de Partículas.



Dispositivos fotomultiplicadores en el centro del detector de Double Chooz.
Photomultiplier devices in the center of the detector of Double Chooz.

tific institutions from various countries –Brazil, United Kingdom, France, Germany, Japan, Russia and the United States– taking part in this international project. Located in the French region of the Ardennes, this experiment detects antineutrinos produced in a nuclear power plant to measure the last un-

known parameter in neutrino oscillation, a phenomenon in which this enigmatic particle transforms into the three existing types of neutrinos. This will contribute to furthering the field of neutrino physics and to developing instruments capable of detecting nuclear activities outside the reach of international treaties – one of the possible practical applications of the current research.

The CIEMAT's activity has focused on the photomultiplier system, its characterization and calibration, the implementation of its shielding to minimize magnetic field effects, the design and construction of the mechanical elements to secure it to the detector and the development of various electronic components of the read-out and high pressure system. After that the Spanish researchers will have to analyze the data and obtain the early results.

The total cost of the Double Chooz experiment is 12 million euros, of which Spain contributes 5% through the Ministry of Science and Innovation, specifically through the National Particle Physics Plan.

HIBRELEC and BIOMASUD, Two New Biomass Projects

Spain, Europe and Latin America will develop two projects for the energy use of biomass in which the CEDER-CIEMAT, the CIEMAT's territorial center in Soria, will be taking part.

Project “HIBRELEC. Prototypes of electric and thermal power generation in isolated regions of Latin American via hybridization” will develop a hybrid plant using two energy sources – solid biomass and solar photovoltaic energy – to generate electric and thermal power in order to provide a solution for the supply of energy

HIBRELEC y BIOMASUD, dos nuevos proyectos sobre biomasa

España, Europa e Iberoamérica desarrollarán dos proyectos para el aprovechamiento energético de la biomasa en los que intervendrá el CEDER-CIEMAT, el centro territorial del CIEMAT en la provincia de Soria.

El proyecto "HIBRELEC. Prototipos de generación de energía eléctrica y térmica en núcleos aislados de Iberoamérica mediante hibridación", desarrollará una planta híbrida utilizando dos fuentes de energía: la biomasa sólida y la energía solar fotovoltaica, permitiendo así la generación de energía eléctrica y térmica para proporcionar una solución al abastecimiento energético de calidad en zonas aisladas de Iberoamérica. Con un presupuesto de 800 000€, está financiado por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). El proyecto también contempla la evaluación de los recursos de biomasa existentes en los países participantes, aptos para su uso en el proceso de gasificación.

Además del CEDER-CIEMAT y de la Fundación CARTIF de Valladolid, entidad ésta que coordinará el proyecto, las instituciones participantes son: el Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía de Cuba (Organismo adscrito al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente cubano), el grupo de Investigación de biomasa del Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" de Cuba, el grupo de Termodinámica aplicada y energías alternativas de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, el grupo de Química de recursos energéticos y medio ambiente de la Universidad colombiana de Antioquia, la Universidad Austral de Chile, el Instituto de *Engenharia Mecânica e Gestão Industrial* de Portugal y la empresa UNISOLAR, con sede en la localidad salmantina de Béjar

"BIOMASUD: Mecanismos de valoración y sostenibilidad del mercado de la biomasa sólida en el espacio SUDOE" es el nombre completo del segundo de los proyectos que se pondrán en marcha en este 2011. Cuenta con un presupuesto de 972 704 €, de los cuales, 729 528 € están financiados por el Programa de Coope-

ración Territorial del Espacio Sudoeste Europeo (INTERREG IV-SUDOE), que apoya el desarrollo regional a través de la cofinanciación de proyectos transnacionales por medio del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). BIOMASUD está coordinado por la Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa (AVEBIOM) con sede en Valladolid, participan en él, además del CEDER-CIEMAT, la Unión de Consumidores de España, el *Centro de Biomassa para a Energia* de Portugal, el también portugués *Centro para la Valorização de Resíduos*, la *Union de la Cooperation Forestière Française*, y el Instituto Nacional de *Recherche en Informatique et Automatique* de Francia. En este proyecto se analizarán -en una primera fase- los factores claves en la calidad y la sostenibilidad del uso de la biomasa sólida, principalmente pélets y astillas, y se establecerán los parámetros más importantes para la definición de las calidades de ambos productos. También establecerá los parámetros de sostenibilidad de producción de biomasa y su trazabilidad para asegurar al consumidor final que está adquiriendo un biocombustible de

to isolated regions of Latin American. With a budget of 800,000, it is funded by the Iberoamerican Development Program for Science and Technology (CYTED). The project also includes the evaluation of existing biomass resources in the participating countries that would be suitable for use in the gasification process.

In addition to the CEDER-CIEMAT and the CARTIF Foundation of Valladolid (which will coordinate the project), the participating institutions are: the Information Management and Energy Development Center of Cuba (belonging to the Cuban Ministry of Science, Technology and Environment), the biomass research group of the Polytechnic Institute "José Antonio Echeverría" of Cuba, the applied thermodynamics and alternative energy group of the Colombia National University School

of Mines, the energy resources and environmental chemistry group of the Colombia University of Antioquia, the Austral University of Chile, the Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial of Portugal and UNISOLAR, a company based in the town of Béjar in the province of Salamanca.

"BIOMASUD: Solid biomass market appreciation and sustainability mechanisms in the SUDOE region", is the full name of the second project, which will be launched in 2011. It has a budget of 972,704, 729,528 of which will be funded by the Territorial Cooperation Program of Southwest Europe (INTERREG IV-SUDOE), which supports regional development via co-financing of transnational projects through the European Regional Development Fund (ERDF). BIOMASUD is coordinated by the Spanish Association for Biomass

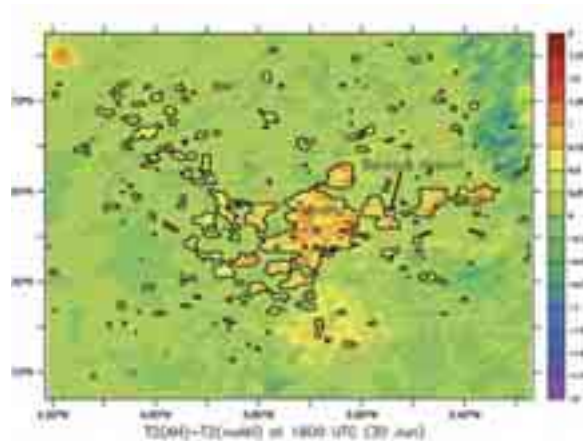
Energy Appreciation (AVEBIOM) based in Valladolid and, in addition to the CEDER-CIEMAT, the Consumers Union of Spain, the Biomass Energy Center of Portugal, the Portuguese Centro para la Valorização de Resíduos, the Union de la Cooperation Forestière Française and the Instituto National de Recherche en Informatique et Automatique of France are taking part in the project. In the first phase, this project will analyze the key factors in the quality and sustainability of solid biomass, primarily pellets and wood chips, and determine the most important parameters for definition of the qualities of both products. It will also establish the parameters of biomass production sustainability and traceability to assure end consumers they are acquiring a good quality biofuel that is compatible with the environment.

buena calidad y compatible con el medio ambiente.

Clima urbano y aparatos de aire acondicionado

Como reflejan en un estudio los investigadores del CIEMAT, Francisco Salamanca y Alberto Martilli, existe una relación entre el aire expulsado por los aparatos de aire acondicionado y el clima urbano en la ciudad de Madrid. Si tenemos en cuenta el gran número de edificios que en la capital disponen de estos aparatos (residenciales, comerciales e industriales, públicos y privados, etc.) para garantizar el confort térmico en su interior, no es de extrañar que el clima urbano se vea afectado.

El estudio ha sido financiado por el Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, y sugiere que la temperatura del aire en una ciudad como Madrid podría subir de 1,5 a 2 grados centígrados debido al uso de los aparatos de aire acondicionado en verano. En el trabajo de investigación, han participado también la Universidad Complutense de Madrid, e investigadores de la Escuela Politécnica Federal de Lausana (Suiza) y del Natio-



Mapa de diferencia de temperatura del aire a 2 m entre la simulación con sistemas de aire acondicionados que expelen calor a la atmósfera y que no expelen. Día 30 de Junio del 2008 a las 20 h.

Map of air temperature difference at 2 m between the simulation with air conditioning systems that do and do not discharge heat to the atmosphere. 30 June 2008 at 20 h.

nal Center for Atmospheric Research (Boulder, Colorado, USA). Esta investigación se ha realizado por medio de un modelo atmosférico (*Weather and Research Forecast Model*, WRF) donde se ha introducido una parametrización que permite estimar la cantidad de calor que se necesita extraer del interior de los edificios para mantener un confort inte-

rior y que termina por calentar la atmósfera. Se ha comprobado también que en contra de lo que podría pensarse, el aumento de temperatura no se produce durante las horas más calurosas del día, sino durante la tarde-noche; este hecho es de gran importancia ya que el estrés térmico prolongado, puede producir en los casos más graves incluso la muerte.

El modelo desarrollado en este estudio permite, además, estimar el consumo de energía de los aparatos de aire acondicionado sobre la ciudad en su totalidad a partir de una serie de parámetros morfológicos (volumen total de aire contenido en los edificios, superficie de los edificios en contacto con la atmósfera, tamaño medio de las calles, altura media de los edificios, etc.). Con esta herramienta se pueden evaluar distintas estrategias que conduzcan a la reducción del consumo energético y a la mejora del clima urbano, y al mismo tiempo considerar el impacto de estas estrategias sobre los niveles de contaminación atmosférica.

Urban Climate and Air Conditioning Devices

CIEMAT researchers Francisco Salamanca and Alberto Martilli have shown in a study that there is a relationship between the air exhausted by air conditioning equipment and the urban climate in the city of Madrid. Considering the large number of buildings in the city that have these devices (residential, commercial and industrial, public and private, etc.) to provide thermal comfort in their interiors, it is not surprising that the urban climate is affected.

The study, financed by the Ministry of the Environment and Rural and Marine Affairs, suggests that the air temperature in a city like Madrid could rise from 1.5 to 2 degrees Centigrade because of the use of air conditioning equipment

in summer. In this research work, the Complutense University of Madrid and researchers from the Federal Polytechnic School of Lausanne (Switzerland) and the National Center for Atmospheric Research (Boulder, Colorado, USA) have also taken part. This research was based on an atmospheric model (*Weather and Research Forecast Model*, WRF) in which a parameterization was input to estimate the amount of heat that has to be exhausted from the interior of buildings to maintain internal comfort and which ends up heating up the atmosphere. It has also been verified that, contrary to what would reasonably be assumed, the temperature increase does not occur during the hottest time of the day, but rather during the evening-night. This fact is very important, since prolonged thermal stress can, in the most serious cases, even result in death.

The model developed in this study will also help to estimate the energy consumption of air conditioning units over the city as a whole based on a series of morphological parameters (total volume of air contained in the buildings, surface area of the buildings in contact with the atmosphere, average size of the streets, average height of the buildings, etc.). This tool can be used to evaluate different strategies for reducing energy consumption and improving the urban climate and, at the same time, consider the impact of these strategies on the levels of air pollution.

The CETA-CIEMAT Planetarium in Juvelandia 2010

The Planetarium of CETA-CIEMAT, which is based in Trujillo, Cáceres, participated in "Juvenalia 2010", which took place

El Planetario de CETA-CIEMAT en Juvenalia 2010

El Planetario de CETA-CIEMAT, que tiene su sede en Trujillo, Cáceres, participó en “Juvenalia 2010”, que tuvo lugar en la segunda quincena de diciembre de 2010, en la ciudad de Jerez de la Frontera, Cádiz, siguiendo así con su decidida apuesta por dar a conocer la ciencia, haciendo posible que el Planetario y su labor de divulgación sean conocidos por el gran público; todas las actividades en



El Planetario en Jerez de la Frontera (Cádiz)
Planetarium in Jerez de la Frontera (Cádiz).

las que interviene el Planetario están cofinanciadas por los Fondos de Desarrollo Regional, FEDER, en el marco del Programa Operativo de Economía basada en el Conocimiento.

Juvenalia tuvo lugar en el recinto de la Institución Ferial de Cádiz (IFECA) en Jerez de la Frontera, siendo ésta la 16ª edición, que también ha sido cofinanciada con los FEDER, en este caso en el marco del Programa Juntos, proyecto de Cooperación Transfronteriza, España-Fronteras Exteriores. Las sesiones eran de unos 30 minutos aproximadamente, y se proyectaba una película *full-dome*, de forma que al final han pasado por el Planetario un total aproximado de 10 574 personas, repartidas en de 238 sesiones, siendo el público tanto del ámbito escolar (colegios e institutos) como general.

Cooperación con Panamá

Con presencia de la subdirectora general de Relaciones Institucionales y Transferencia del Conocimiento del CIEMAT, Marga Vila, se firmó en noviembre pasado en Panamá, un memorando de entendimiento entre este orga-



Firma del memorando con Panamá
Signature of memorandum with Panama.

nismo público de investigación adscrito al Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España y la Secretaría Nacional de Energía de la República de Panamá, para el establecimiento de las bases de futuras cooperaciones técnicas en el área de energía. Este tipo de colaboración se integra dentro de la línea de actuaciones del CIEMAT para la cooperación y desarrollo con los países de Latinoamérica en temas de formación y transferencia de tecnología en las áreas de energía, medioambiente y tecnología.

El acto de firma estaba enmarcado en un programa de visitas institucionales y

during the second half of December 2010 in the city of Jerez de la Frontera, Cádiz. This was in keeping with its commitment to disseminating science and informing the general public about the Planetarium and its work. All the activities in which the Planetarium is involved are co-financed by European Regional Development Funds (ERDF) in the framework of the Knowledge-Based Economy Operational Program.

This 16th edition of Juvenalia took place in the Cádiz Fairgrounds (IFECA) in Jerez de la Frontera, and it has also been co-financed with ERDF, in this case in the framework of Program Juntos, a Cross-border Cooperation project, Spain-Foreign Borders. The sessions lasted approximately 30 minutes and a full-dome picture was shown. In the end a total of 10,574 people visited the Planetarium in a total of 238 sessions,

and the visitors included both students (colleges and secondary schools) and general public.

Cooperation with Panama

In the presence of the CIEMAT's Deputy Director General for Institutional Relations and Knowledge Transfer, Marga Vila, a memorandum of understanding was signed last November in Panama between this public research organization belonging to the Spanish Ministry of Science and Innovation and the National Department of Energy of the Republic of Panama to lay the grounds for future technical cooperation in the field of energy. This type of collaboration is part of the CIEMAT's course of action for cooperation and development with the Latin American countries in matters of training and knowledge transfer in the

fields of energy, environment and technology.

The signing ceremony was part of a program of institutional and commercial visits to Panama by a Spanish commercial and institutional delegation during the week of November 8-12. The Panamanian National Department of Energy became interested in the CIEMAT activities after a visit by Panama's ambassador and consul in Spain to the Almería Solar Platform, an international center of excellence in R&D on solar energy concentration technologies and one of the CIEMAT's territorial centers. After this visit began a series of contacts aimed at identifying common interests in the area of energy technologies. This memorandum, whose purpose has been to make an express declaration of this interest, was signed as a result of those contacts.

comerciales a Panamá que realizó una delegación comercial e institucional española en la semana del 8 al 12 de noviembre. El interés de la Secretaría Nacional de Energía de Panamá por las actividades del CIEMAT se activó tras una visita del embajador y del cónsul de Panamá en España a la Plataforma Solar de Almería, centro internacional de excelencia en la I+D en tecnologías de energía solar de concentración y uno de los centros territoriales del CIEMAT. Tras esta visita se iniciaron una serie de contactos encaminados a identificar intereses comunes en el área de las tecnologías energéticas; como resultado de los mismos, y con el fin de hacer una declaración expresa de este interés, se firmó este memorando.

Inicio de los trabajos en la planta de ensayos de alta montaña de pequeños aerogeneradores

El año pasado, CETASA (Compañía Eólica Tierras Altas), participada por Caja Rural de Soria, y el CIEMAT, firmaron un convenio de colaboración



Grupo de expertos en la zona de miniaerogeneradores en alta montaña.
Group of experts in the area of high small wind turbines.

para la instalación de un puesto de ensayo de pequeños aerogeneradores (de hasta 5 kW de potencia nominal) en el Parque Eólico de Magaña, situado en el puerto soriano de Oncala, donde ya está funcionando desde hace algunos años un parque eólico de gran potencia. El primer aerogenerador a ensayar en dicho puesto es un WindSpot 3.5 de la empresa cántabra Sonkyo Energy S.L., el cual comenzó su actividad a finales del mes de febrero.

El acuerdo facilita a la Unidad de Energía Eólica de la División de Energías Re-

novables del CIEMAT la realización de ensayos y estudios de pequeños aerogeneradores en regímenes de alta velocidad media de viento y grandes ráfagas, de forma que en el futuro se puedan verificar ensayos para una potencial certificación de este tipo de aerogeneradores. Esta actividad será realizada por investigadores del Centro de Desarrollo de las Energías Renovables (CEDER-CIEMAT) de Luvia, Soria.

Esta planta permitirá poder completar los ensayos de caracterización de la curva de potencia según la norma

Work Begins on the Alpine Small Wind Turbine Testing Plant

Last year, CETASA (Compañía Eólica Tierras Altas), an investee company of Caja Rural of Soria, and the CIEMAT signed a collaboration agreement for the installation of a small wind turbine (up to 5 kW nominal power) testing station in the Magaña wind farm, located on the mountain pass of Oncala in Soria, where a high power wind farm has already been operating for some years. The first wind turbine to be tested at this station is a WindSpot 3.5 from the Cantabrian company Sonkyo Energy S.L., which started business in late February.

The agreement supports the Wind Energy Unit of the CIEMAT Renewable Energy Division in its testing and study of small wind turbines under conditions

of high average wind speed and strong gusts, for the purpose of test verification in the future for the potential certification of this type of wind turbine. This activity will be carried out by researchers from the Renewable Energy Development Center (CEDER-CIEMAT) in Luvia, Soria.

This plant will be used to complete the characterization tests of the power curve as per standard UNE-61400-12 in shorter periods of time and to perform the durability tests for wind turbines designed for class II (high average wind speeds) as per standard UNE-61400-2, "Design requirements for small wind turbines", complementing the capabilities already existing in the CEDER-CIEMAT testing plants in Luvia. This series of facilities provides the CIEMAT with a testing capacity and versatility that are unique in Spain to test experimental and commercial small wind turbines.

Application IntiGIS 1.0. Now Available

The CIEMAT has released to the public the Geographical Information System for Rural Electrification with renewable energies, IntiGIS 1.0 ©, in a bid once again to support knowledge transfer. This application is a powerful geographical information system that evaluates different electrification options (conventional and renewable) for a certain territory, and then provides different alternatives and considers the best possible option in terms of technical, economic and geographic parameters.

The application is hosted by the CIEMAT Website (at: <http://www.ciemat.es/portal.do;jsessionid=71F3458326A914FF8518C79AC30AC11C?IDR=1636&TR=C>), from where it can be downloaded by any interested party. In fact, this application

UNE-61400-12 en periodos de tiempo más cortos, y realizar los ensayos de durabilidad para aerogeneradores diseñados para Clase II (velocidades medias de viento elevadas), según la norma UNE-61400-2 sobre “requisitos de diseño para pequeños aerogeneradores” completando las capacidades ya existentes en las plantas de ensayos que el CEDER-CIEMAT dispone en Luvia. Este conjunto de instalaciones proporciona al CIEMAT una versatilidad y capacidad de ensayo únicas en España para ensayar aerogeneradores de pequeña potencia experimentales y comerciales.

La aplicación IntiGIS 1.0. ya está disponible

El CIEMAT ha puesto a disposición de la sociedad el Sistema de Información Geográfica para la Electrificación rural con energías renovables, IntiGIS 1.0 ©, apostando una vez más por la transferencia del conocimiento. Esta aplicación es un potente sistema de información geográfica que evalúa diferentes opciones de electrificación (convencional y renovable) para un territorio

determinado, lo que permite proporcionar distintas alternativas y considerar la mejor opción posible en función de parámetros técnicos, económicos y geográficos.

La aplicación está albergada en la página web del CIEMAT (en la dirección: <http://www.ciemat.es/portal.do;jsessionid=71F3458326A914FF8518C79AC30AC11C?IDR=1636&TR=C>), desde donde se puede descargar por los interesados. De hecho, en las primeras semanas se produjeron más de cien descargas de esta aplicación y un número muy superior de visitas a la web. El desarrollo de la aplicación se ha validado en diferentes áreas, en países iberoamericanos. Además, es posible contactar directamente con los creadores de la herramienta a través del correo electrónico intigis@ciemat.es, lo que optimiza considerablemente las posibilidades de IntiGIS. Además, también puede entablarse comunicación, a través de la dirección web ya dicha, con los grupos equivalentes al CIEMAT y que integran la Red Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica y Energías Renovables (RISIGER).



IntiGIS 1.0 - Mapa de la aplicación.
IntiGIS 1.0 - Map application.

Para garantizar la libre difusión de la aplicación y su no comercialización, el CIEMAT ostenta los derechos de copia.

EGÉTICA 2011

El CIEMAT ha participado un año más en EGÉTICA, una de las ferias más destacadas en el panorama nacional y en el sector de las energías renovables y el Medio Ambiente. Este año la cita la ha complementado un pabellón más con ECO-FIRA, espacio destinado a las soluciones ambientales y EFIAQUA, una iniciativa

was downloaded more than one hundred times in the first few weeks, and the Website posted a much higher number of hits. The application has been validated in different regions in Iberoamerican countries. It is also possible to directly contact the tool's creators via email intigis@ciemat.es, which considerably optimizes the possibilities of IntiGIS. It is also possible to establish communication, via the aforesaid Website, with the CIEMAT counterpart groups of the Iberoamerican Network of Geographical Information Systems and Renewable Energies (RISIGER).

The CIEMAT holds the copyrights to this application to guarantee its free use and ensure it is not commercialized.

EGÉTICA 2011

This year the CIEMAT has again taken part in EGÉTICA, one of the most impor-

tant national trade fairs in the renewable energy and environmental sector. This year the event was complemented by one more pavilion, ECOFIRA, which focused on environmental solutions, and an initiative that stressed the important role of efficient water use, EFIAQUA.

Though far from the 9000 visitors of last year but with more content intended for display to the general and professional public, EGÉTICA has been a good opportunity for the CIEMAT to show its explanatory material in mock-ups and corporate posters of the ARFRISOL project and to raise public awareness of the importance of a rational use of energy in the different kinds of buildings (tertiary and residential). On the tradeshow days of February 16-18, tools such as illustrative brochures, merchandising and references to our Website were used to inform the merely curious and professionals and

institutions about our activity as a public research body.

New PhDs summa Cum Laude

The CIEMAT researchers who have recently received their doctorate degrees, with the distinction of summa cum laude in the defense of their dissertations, are:

Héctor Hernández Mendoza, with the dissertation titled “Development of new techniques to determine actinides in excreta by mass spectrometry and radiometric techniques”. Detection of plutonium in urine. This work opens up new lines of research in the field of actinides. Supervised by Drs. Antonio Delgado Martínez and Abel Yllera de Llano, CIEMAT researchers.

Elena García Bustamante, with the dissertation “Statistical estimation of sur-



Stand del CIEMAT en EGÉTICA.
CIEMAT's stand in EGÉTICA..

que quería resaltar el importante papel del uso eficiente del agua.

Lejos de los 9000 visitantes del año pasado, pero con más contenido destinado a mostrar al público generalista y profesional, EGÉTICA ha servido al CIEMAT para mostrar su material explicativo plasmado en diversas maquetas y cartelería corporativa del Proyecto ARFRISOL para concienciar al público de la importancia de un uso racional de la energía en los diferentes

tipos de edificaciones existentes (terciario y residencial). Folletos ilustrativos, merchandising, y referencias a nuestra web han sido las herramientas utilizadas para facilitar el acceso a curiosos, profesionales e instituciones a nuestra actividad como organismo público de investigación, en los días en que se celebró la feria, del 16 al 18 de febrero.

Nuevos doctores sobresaliente *Cum Laude*

Los investigadores del CIEMAT que se han doctorado recientemente, obteniendo la calificación de sobresaliente *Cum Laude* en la defensa de su tesis han sido:

Héctor Hernández Mendoza, con la tesis titulada “Desarrollo de nuevas técnicas para determinar actínidos en excretas por espectrometría de masas y técnicas radiométricas”. Detección de plutonio en orina. Este trabajo permite abrir nuevas líneas de investigación en el campo de los actínidos. Dirigida por los doctores Antonio Delgado Martínez y Abel Yllera de Llano, investigadores del CIEMAT.

Elena García Bustamante, con la tesis “Estimación estadística del viento en superficie y de la energía eólica en una región de terreno complejo”. Comprensión de la variabilidad del campo de viento en superficie y de la producción de energía eólica en una región de terreno complejo. Convenio de Colaboración suscrito entre el CIEMAT y el Departamento de Astrofísica, Astronomía y Ciencias de la Atmósfera II, de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid.

Adrián de la Torre Haro, con la tesis “Contaminantes orgánicos halogenados: PBDE, DBDPE, Decolorantes, OH-PBDE y MeO-PBDE. Desarrollo de metodologías analíticas y aplicación de muestras medioambientales”. Evaluación de la presencia y utilización de polibromodifenil éteres (PBDE) y otros retardantes de llama halogenados emergentes en España. Tesis dirigida por María de los Ángeles Martínez Calvo, investigadora del CIEMAT.

Francisco Salamanca Palou, con la tesis: “Desarrollo de modelos numéricos para investigar la isla de calor en ciudades y estudio de la sensibilidad de

face wind and wind energy in a region of complex terrain”. Comprehension of the variability of surface wind and wind energy production in a region of complex terrain. Collaboration agreement signed between the CIEMAT and the Department of Astrophysics, Astronomy and Atmospheric Sciences of the Madrid Complutense University Department of Physical Sciences.

Adrián de la Torre Haro, with the dissertation “Halogenated organic pollutants: PBDE, DBDPE, Dechlorane, PH-PBDE and MeO-PBDE. Development of analytical methodologies and application of environmental samples”. Evaluation of the presence and use of polibrominated diphenyl ethers and other emergent halogenated flame retardants in Spain. Dissertation supervised by Maria de los Angeles Martinez Calvo, CIEMAT researcher.

Francisco Salamanca Palou, with the dissertation “Development of numeric models to investigate the heat island in cities and study the sensitivity of different urban parameters”. New urban parameterization that calculates the energy consumption associated with the use of air conditioning systems and their impact on outside temperature and humidity. Supervised by Alberto Martilli, CIEMAT researcher, in collaboration with the National Center for Atmospheric Research (Boulder CO, USA) and the Federal Polytechnic School of Lausanne (Switzerland).

Aida Domínguez Sáez, with the dissertation “Contribution to the study of the number and size distribution of particles emitted by engines in urban traffic”. Study of the number and size distribution of primary emissions of nano-particles from a utility vehicle with a modern diesel engine

operating under real urban traffic conditions. Urban traffic in the city of Madrid. Supervised by Carmen Cecilia Barrios Sanchez, CIEMAT researcher. Integration into Project MIVECO (Methodology and instrumentation placed on board vehicles to evaluate the effects of real traffic in polluting emissions), subsidized by the Ministry of the Environment and Rural and Marine Affairs. In collaboration with the Joint Research Centre (JRC, EU, Ispra, Italy) and the Earth Sciences Institute (CSIC, Barcelona).

Irene Pinedo Pascua, with the dissertation titled “IntiGIS: proposed methodology for the evaluation of GIS-based rural electrification alternatives”. The dissertation, supervised by Dr. Javier Dominguez Bravo of the CIEMAT Energy Department, develops the planning model of rural electrification with renewable energies IntiGIS. This model is used with a geo-

distintos parámetros urbanos”. Nueva parametrización urbana que calcula el consumo energético asociado al uso de los sistemas de aire acondicionado y su impacto en la temperatura y humedad exteriores. Dirigida por Alberto Martilli, investigador del CIEMAT, en colaboración con el *National Center for Atmospheric Research* (Boulder CO, USA) y la Escuela Politécnica Federal de Lausane (Suiza).

Aida Domínguez Sáez, con la tesis “Contribución al estudio del número y distribución de tamaños de partículas emitidas por motores en tráfico urbano”. Estudio de la emisión primaria de nanopartículas en número y distribución de tamaño provenientes de un vehículo utilitario equipado con un motor diésel actual, funcionando en condiciones de tráfico real urbano. Tráfico urbano en la ciudad de Madrid. Dirigida por Carmen Cecilia Barrios Sánchez, investigadora del CIEMAT. Integración en el proyecto MIVECO (Metodología e instrumentación embarcada en vehículos para evaluar los efectos del tráfico real en las emisiones contaminantes), subvencionado por el Ministerio de Medio Ambiente, Rural

y Marino. En colaboración con el *Joint Research Centre* (JRC, UE, Ispra, Italia) y el Instituto de Ciencias de la Tierra (CSIC, Barcelona).

Irene Pinedo Pascua, con la tesis titulada: “IntiGIS: propuesta metodológica para la evaluación de alternativas de electrificación rural basada en SIG”. La tesis, dirigida por el Dr. Javier Domínguez Bravo del Departamento de Energía del CIEMAT, desarrolla el modelo de planificación de electrificación rural con energías renovables IntiGIS. La aplicación de este modelo se realiza con un sistema de información geográfica (SIG) desarrollado como parte de la tesis doctoral (IntiGIS1.0©). La difusión de este proyecto tiene un alto impacto potencial en la región iberoamericana, donde el modelo ha sido validado y calibrado en varias áreas.

Delegación de Ciencia y Tecnología de Japón al CIEMAT

A primeros de febrero, el CIEMAT acogió la visita de una delegación de representantes de Ciencia y Tecnología de

Japón (Agencia Japonesa de Ciencia y Tecnología, del Ministerio de Educación, Cultura, Deportes, Ciencia y Tecnología), encabezada por el Sr. Tateo Arimoto, Director General de RISTEX (*Research Institute of Science and Tehnology for Society*).

La Delegación fue recibida por el director general del CIEMAT, Cayetano López, y otros representantes del centro, además de por Ignacio Atorrasagasti, del Ministerio de Ciencia e Innovación español. El objetivo de la jornada de trabajo era el establecimiento de términos de cooperación en las áreas de ciencia y tecnología, en este contexto le fueron presentados a la delegación, además del CIEMAT en general, las actividades desarrolladas en la División de Energías Renovables y en el Laboratorio Nacional de Fusión.

Delegación de EE UU visita España

Invitado por el CIEMAT, visitó España a finales de febrero, un equipo interagencias de los EE UU con el objetivo de intercambiar opiniones técnicas sobre

graphical information system (GIS) developed as part of the doctoral dissertation (IntiGIS1.0©). This project has a high potential impact on the Iberoamerican region, where the model has been validated and calibrated in several regions.

Japanese Science and Technology Delegation to the CIEMAT

In early February, the CIEMAT welcomed a delegation of representatives from the Japan Science and Technology Agency of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, headed by Tateo Arimoto, Director General of RISTEX (Research Institute of Science and Technology for Society).

The delegation was received by the Director General of the CIEMAT,

Cayetano Lopez, and other representatives of the center, as well as by Ignacio Atorrasagasti from the Spanish Ministry of Science and Innovation. The purpose of the working meeting was to establish the terms for cooperation in the areas of science and technology. In this context, in addition to the CIEMAT in general, the delegation was informed about the activities carried out in the Renewable Energy Division and the National Fusion Laboratory.

A U.S. Delegation Visits Spain

Invited by the CIEMAT, an interagency taskforce from the U.S. visited Spain in late February to exchange technical opinions about the Palomares Rehabilitation Plan (PRP). Since 1966,

the two governments have worked in close collaboration to monitor and control the area and the health of its residents. The composition of the taskforces was designed to facilitate scientific and technical discussion about a wide range of environmental, radiation protection and health disciplines.

The Spanish delegation was formed by experts and government officials in Madrid and Palomares. The U.S. taskforce included experts who were familiar with the cooperative work between the U.S. Department of Energy (DOE) and the CIEMAT and also experts in soil rehabilitation. Several meetings were held to discuss technical aspects of the PRP prepared by the CIEMAT. In addition, everyone visited the Palomares site to get a first-hand view of the situation. Issues concerning rehabilitation methods were also addressed, drawing on the U.S. ex-

el Plan de Rehabilitación de Palomares (PRP). Desde 1966 la colaboración entre dos gobiernos ha sido muy estrecha en la vigilancia y control del área y la salud de sus habitantes. La composición de los equipos fue diseñada para facilitar la discusión científica y técnica sobre un gran ámbito de disciplinas de medio ambiente, protección radiológica y salud.

La delegación española estaba formada por expertos y funcionarios del Gobierno en Madrid y Palomares. El equipo estadounidense contaba con expertos que conocían los trabajos de cooperación entre el Departamento de Energía (DOE) y el CIEMAT, así como con expertos en rehabilitación de terrenos. Se llevaron a cabo diversas reuniones en las que se abordaron aspectos técnicos sobre el PRP elaborado por el CIEMAT. Asimismo, todos ellos se desplazaron a los terrenos de Palomares para poder observar de primera mano la situación. Se abordaron también cuestiones relativas a métodos de rehabilitación, poniendo de manifiesto la experiencia estadounidense en extracción, almacenamiento temporal y definitivo de tierras contami-

nadas de plutonio, así como una revisión de las opciones de rehabilitación.

Al término de la visita, el jefe de la delegación estadounidense, Glenn Podonsky, invitó a la delegación española a visitar próximamente un emplazamiento en proceso de rehabilitación en los Estados Unidos, con el objetivo de avanzar en el proceso de finalización del Plan de Rehabilitación de Palomares. La representación española estuvo encabezada por el director general del CIEMAT, Cayetano López.

Jornada “Ciencia e Innovación en el sector energético”

La ministra de Ciencia e Innovación, Cristina Garmendia, anunció que se destinarían 200 millones de euros a incentivar la investigación empresarial en energías sostenibles, en el marco de la Jornada “Ciencia e Innovación en el sector energético” que tuvo lugar el 16 de marzo en las instalaciones del CIEMAT.

La jornada, que contó también con la participación del secretario general de Innovación del MICINN, con el director general del CIEMAT y otras autoridades, tanto como ponentes como asistentes, trató de dar una visión de lo que se ha trabajado en los últimos años en los proyectos singulares estratégicos “contenedores de energía”; además, los ocho proyectos estuvieron presentes en sendos stands preparados al efecto en una carpa que fue visitada por los asistentes a la jornada.

Los proyectos demostradores de energía son: PowerSi, ENVITE, WELCOME, SINTER, DEMO E-2, DOTGE, HIDROBIODIÉSEL y COMPAREE, en algunos de ellos el CIEMAT participa activamente.

La jornada contó con una gran afluencia de personas, que pudieron seguir el desarrollo de las jornadas desde las salas habilitadas al efecto, además del salón de actos del centro, que completó su aforo.

perience in extraction and temporary and final storage of soil contaminated with plutonium, and the rehabilitation options were reviewed.

At the end of the visit, the head of the U.S. delegation, Glenn Podonsky, invited the Spanish delegation to visit a site in the process of rehabilitation in the United States in the near future, in order to move forward with the process of finalizing the Palomares Rehabilitation Plan. The Spanish representation was headed by the Director General of the CIEMAT, Cayetano Lopez.

Conference on “Science and Innovation in the Energy Sector”

In the conference on “Science and Innovation in the energy sector” that took

place on March 16 in CIEMAT facilities, the Minister of Science and Innovation, Cristina Garmendia, announced that 200 million euros will be allotted as an incentive to corporate research in sustainable energies.

The conference, in which this Ministry's Secretary General for Innovation, the Director General of the CIEMAT and other authorities also participated as both speakers and attendees, was intended to provide an overview of the work carried out in the last few years in the “energy demo” singular strategic projects; the eight projects were also displayed in the stands set up for this purpose under a marquee that was visited by the conference attendees.



*Un momento de la visita de la ministra a los stands de la Jornada.
A moment of the visit of the minister to the stands.*

The energy demo projects are: PowerSi, ENVITE, WELCOME, SINTER, DEMO E-2, DOTGE, HIDROBIODIÉSEL and COMPAREE. The CIEMAT actively takes part in some of these.

A large number of people attended the conference. They were able to follow the sessions in the various rooms equipped for the conference and also in the Center's auditorium, which was filled to capacity.

Inauguración del edificio Envite de Valladolid

El edificio Envite de Valladolid es la demostración de la viabilidad técnica y económica del uso eficiente de la energía en la construcción. Este edificio inaugurado el 21 de marzo por la Ministra de Ciencia e Innovación, Cristina Garmendia, albergará las oficinas, talleres y aulas del Grupo Lince Asprona-Fundación Personas, asociación destinada a la formación y contratación de personas con discapacidad intelectual.



La ministra, tras descubrir la placa conmemorativa de la inauguración, con el resto de autoridades.
The Minister, after unveiling the plaque commemorating the inauguration, with the remaining authorities.

En la inauguración, acompañaron a la ministra, el director general del CIEMAT, el subdelegado del Gobierno en Valladolid y el presidente de la Fundación Personas, además de otras autoridades, de las familias de la asociación y de los trabajadores que ocupan ya este edificio.

Este edificio ha contado con la participación de Collosa, ALIA, Centro Especial de empleo Grupo Lince Asprona, la Fundación Sotavento y el CIEMAT.

II Jornadas de Estudio de Tecnologías para la Optimización Energética y de Proceso en Plantas de Tratamiento de Agua

El Grupo de Hidrogeoquímica de la Unidad de Geología Aplicada del CIEMAT junto con el Grupo de Investigación de Tecnologías para la Gestión y el Tratamiento del Agua de la Universidad de Granada y la empresa Cadagua han organizado las II Jornadas de Estudio de Tecnologías para la Optimización Energética y de Proceso en Plantas de Tratamiento

de Agua en el marco del Proyecto de I+D “Herramientas y metodologías avanzadas para la optimización del diseño, operación y control de plantas de desalación de agua de mar mediante ósmosis inversa”. Este proyecto está subvencionado por el Programa INNPACTO del Ministerio de Ciencia e Innovación.

Estas jornadas se han celebrado durante los días 23, 24 y 25 del marzo en La Granja de San Ildefonso (Segovia).

El objetivo de las mismas ha sido debatir y profundizar en una serie de aspectos relacionados con la eficiencia energética y los procesos en las plantas de tratamiento de agua, destacando:

- Sistemas de recuperación de energía en plantas de osmosis inversa.
- Eliminación de bromatos en agua de consumo.
- Aplicación de modelos hidroquímicos en el diseño y operación de plantas desaladoras.
- Remineralización de agua osmotizada.

Los resultados de estas jornadas han permitido a los asistentes incrementar su conocimiento y experiencia en unas tecnologías innovadoras de gran interés para futuras aplicaciones.

Inauguration of the Envite building in Valladolid

The ENVITE building in Valladolid is a demonstration of the technical and economic viability of efficient energy use in construction. This building, inaugurated on March 21 by the Minister of Science and Innovation, Cristina Garmendia, will house the offices, workshops and classrooms of the Lince Asprona Group-Personas Foundation, an association that trains and hires people with intellectual disabilities.

During the inauguration, the Minister was accompanied by the Director General of the CIEMAT, the government's deputy regional representative in Valladolid and the President of the Personas Foundation, as well as other authorities, family members of the association and the workers who will be using this building.

This building has been supported by COLLOSA, ALIA, Lince Asprona Group Special Employment Center, Sotavento Foundation and CIEMAT.

2nd Study Seminar on Technologies for Energy and Process Optimization in Water Treatment Plants

The hydrogeochemical group of the Applied Geology division of the Ciemat, together with the Water Management and Treatment Technology Research Group of the University of Granada and the company CADAGUA, organized the 2nd Study Seminar on Technologies for Energy and Process Optimization in Water Treatment Plants, in the framework of the R&D project “Advanced tools and methodologies for optimization of the design, operation and control of seawater desalination plants by inverse osmosis”. This project is funded

by program INNPACTO of the Ministry of Science and Innovation.

The meetings were held from the 23rd to the 25th of this month in La Granja de San Ildefonso (Segovia).

The purpose of the seminar was to debate and study in depth a series of issues related to energy efficiency and processes in water treatment plants, including the following:

- Energy recovery systems in inverse osmosis plants .
- Elimination of bromates from drinking water.
- Application of hydrochemical models to the design and operation of desalination plants.
- Osmotized water remineralization

The attendees to this seminar have broadened their understanding of and experience in some very interesting innovative technologies for future applications.

Paso a paso hacia la excelencia: el seguimiento de las actividades

Step by step to Excellence: Activity Tracking

JOSÉ LUIS PASCUAL ALONSO - Responsable de la División de Planificación y Evaluación de la Subdirección General de Relaciones Institucionales y Transferencia del Conocimiento. CIEMAT / Head of the Planning and Assessment Division of the General Deputy Directorate for Institutional Relations and Knowledge Transfer. CIEMAT

El CIEMAT inició, en 2005/2006, un proyecto de seguimiento de actividades, que permitiera evaluar, en su fase preliminar, la potencial aplicación de un novedoso sistema de gestión institucional. Éste consistía en aplicar técnicas de gobernanza estratégica ampliamente utilizadas en entornos empresariales, pero cuya validez ya se había puesto a prueba en entidades sin ánimo de lucro.

La fase desarrollada hasta el momento ha consolidado la identificación de las actividades abordadas, y cómo estructurar adecuadamente la información (estable y coyuntural) para su seguimiento anual integrado. También ha iniciado la identificación de los parámetros que deberán permitir establecer los indicadores de seguimiento requeridos en la gestión.

Para realizar este proyecto se han considerado algunas de las técnicas habitualmente utilizadas en la gestión de la calidad, la mejora continua, la planificación y el alineamiento estratégico, la gestión del conocimiento, etc., cuya paulatina implantación en el CIEMAT permitirá su mejor gobernanza.

Por otro lado, la experiencia adquirida durante estos años de trabajo nos permite ser razonablemente optimistas respecto a la aplicación, con las inevitables adaptaciones, de las técnicas de gestión, desarrolladas para entidades con ánimo de lucro, en organismos pertenecientes a la Administración (ejemplo particular de entidad sin ánimo de lucro).

NECESIDAD DEL SEGUIMIENTO DE LAS ACTIVIDADES PARA LOGRAR LA EXCELENCIA

Para gestionar eficientemente los recursos y así alcanzar sus objetivos estratégicos, los organismos necesitan información fiable y actualizada de numerosos parámetros. Sin duda, unos de los más importantes son los resultados concretos, obtenidos por quienes componen la organización.

La identificación de estos resultados, relacionados con la finalidad de los proyectos abordados, permite establecer el grado de "alineamiento" existente entre las actividades realmente desarrolladas y los objetivos estratégicos definidos por la organización.

En este contexto y con este enfoque, el seguimiento de actividades del CIEMAT pretende ser una de las fuentes de información que ayude a realizar la gestión eficiente del organismo.

In 2005/2006, the CIEMAT began an activity tracking project that, in its preliminary phase, assessed the potential application of a novel institutional management system. This consisted of applying strategic governance techniques that are widely used in business environments but whose validity had by then been tested in non-profit organizations.

In the phase developed to date, the identification of the activities involved and how to adequately structure the information (stable and situational) for the integrated annual tracking thereof has been completed. Identification has also begun of the parameters needed to establish the tracking indicators required for management.

To undertake this project, some of the techniques normally used in quality management, continuous improvement, strategic planning and alignment, knowledge management, etc. have been considered; their gradual implementation in the CIEMAT will enable better governance.

On the other hand, the experience gained during these years of work allows us to be reasonably optimistic regarding the application, with the inevitable adaptations, of the management techniques developed for profit organizations to organizations belonging to the Public Administration (specific example of non-profit entities).

NEED FOR ACTIVITY TRACKING TO ATTAIN EXCELLENCE

To efficiently manage resources and thus achieve their strategic goals, organizations need reliable, updated information on numerous parameters. Some of the most important ones are undoubtedly the specific results obtained by the people who form the organization.

By identifying these results, which are related to the aim of executed projects, it is possible to establish the existing degree of "alignment" between the activities actually carried out and the strategic goals defined by the organization.

In this context and with this focus, activity tracking in the CIEMAT is intended to be one of the sources of information that helps to efficiently manage the organization.

Planificación y evaluación de proyectos • Planning and Evaluation of Projects

El CIEMAT como Organismo Público de Investigación (OPI), realiza prioritariamente actividades científico-técnicas desarrollando proyectos de I+D+i, pero requiere de un soporte que debe realizar actividades de gestión, tanto técnica como administrativa. Una gestión eficiente requiere optimizar ambos tipos de actividades de manera integrada.

El proyecto de “Seguimiento de Actividades del CIEMAT” inicialmente se limitó a las actividades científico-tecnológicas. Sin embargo, pronto fue ampliado, por decisión del Director General, a la totalidad de actividades para lograr una visión global, tanto técnica como económica.

IMPLANTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DESARROLLADA

Aunque el proyecto requería establecer la estructura funcional operativa del Organismo, conceptualmente estable, se inició la aproximación al problema desde la estructura orgánica, lo que debería garantizar la inclusión de la totalidad de las actividades, al abarcar todas las unidades orgánicas que lo componen.

Se solicitó que los directores de departamentos/subdirecciones generales identificasen las áreas temáticas con el criterio de poder asignar a cada una de ellas un responsable/coordinador definido. Más tarde, cada responsable/coordinador determinó las diferentes tareas desarrolladas en cada área, agrupándose en una estructura jerarquizada en dos niveles.

Con esta metodología se delimitó la estructura funcional a partir de un primer nivel, las “actividades”, que actuarían como elemento base de identificación. Sus agrupaciones coherentes conforman las “líneas de actividad”, que debían constituir el verdadero núcleo estable de la estructura funcional del Organismo. Las líneas de actividad, a su vez, se integraban en unas entidades formales denominadas “MODULO”, necesarias para la gestión de la información.

Semejante estructura no sólo facilitaba la gestión, básicamente orgánica (módulo), de las “líneas de actividad” (esencialmente funcionales) sino que permitía una razonable flexibilidad de adaptación ante las previsible modificaciones en el tiempo de las unidades orgánicas, sin que ello afectase significativamente a la estructura funcional más estable.

En esencia, esta metodología fija como elemento básico de estabilidad funcional la “línea de actividad”, cuya modificación dependería, en última instancia, de las decisiones estratégicas del Comité de Dirección. Ciertamente una “línea de actividad” podría abrirse o cerrarse, pero debe tener una estabilidad temporal, que no tienen los proyectos que la integran, conceptualmente limitados en el tiempo.

Se identificaron dos tipos de “actividades”: los “proyectos” y las denominadas “actividades continuadas”. Ambas se caracterizan por la especificidad de sus tres principales elementos: los objetivos (en cantidad y calidad), los recursos (humanos, materiales y económicos) asignados y la planificación (plazos comprometidos). La diferencia entre los “proyectos” y las “actividades continuadas” es que aquéllos tienen caducidad temporal mientras que éstas no tienen horizonte predefinido de finalización.

Con este planteamiento general se establecieron los datos iniciales que deberían recabarse para realizar el seguimiento, tanto a nivel global como anual, y que constituirían el esquema básico de los datos institucionales. En esta fase se incorporó otro de los elementos conceptuales básicos de la

As a Public Research Entity (OPI), the CIEMAT primarily carries out scientific-technical activities by developing R&D&I projects, but these need to be supported by both technical and administrative management activities. Efficient management requires that both types of activities be optimized on an integrated basis.

The “CIEMAT Activity Tracking” project was originally limited to the scientific-technological activities. However, the Director General soon decided to extend it to all of the activities, in order to achieve an overall technical and economic vision.

IMPLEMENTATION OF THE DEVELOPED METHODOLOGY

Although the project required establishment of the conceptually stable functional operating structure of the organization, the problem was initially approached from the organic structure because this would ensure that all the activities would be included, as all the component organic units of the organization would be covered.

The directors of departments/general managements were required to identify the thematic areas so that a supervisor/coordinator could be appointed and assigned to each one. Later, each supervisor/coordinator determined the different tasks to be developed in each area and grouped them together in a hierarchical two-level structure.

This methodology served to outline the functional structure as of a first level – the “activities” – which would act as a base element for identification. Their consistent groupings form the “lines of activity” that should comprise the true stable core of the organization’s functional structure. The lines of activity are in turn integrated into formal entities called “MODULES”, which are required for information management.

Such a structure not only supported the management – basically organic (module) – of the “lines of activity” (essentially functional), but also allowed for a reasonable flexibility of adaptation before the eventual modifications of the organic units, without significantly affecting the more stable functional structure.

This methodology essentially establishes the “line of activity” as a basic element of functional stability. Its modification would ultimately depend on the strategic decisions of the Executive Committee. Obviously a “line of activity” can be opened or closed, but it should have a temporal stability that its component projects, which are conceptually limited in time, do not have.

Two types of “activities” are identified: “projects”, and the so-called “ongoing activities”. Both are characterized by the specificity of their three main elements: the goals (in quantity and quality), the allotted resources (human, material and economic) and the planning (agreed timeframes). The difference between “projects” and “ongoing activities” is that the former have an expiration date, whereas the latter do not have a predefined timeline for completion.

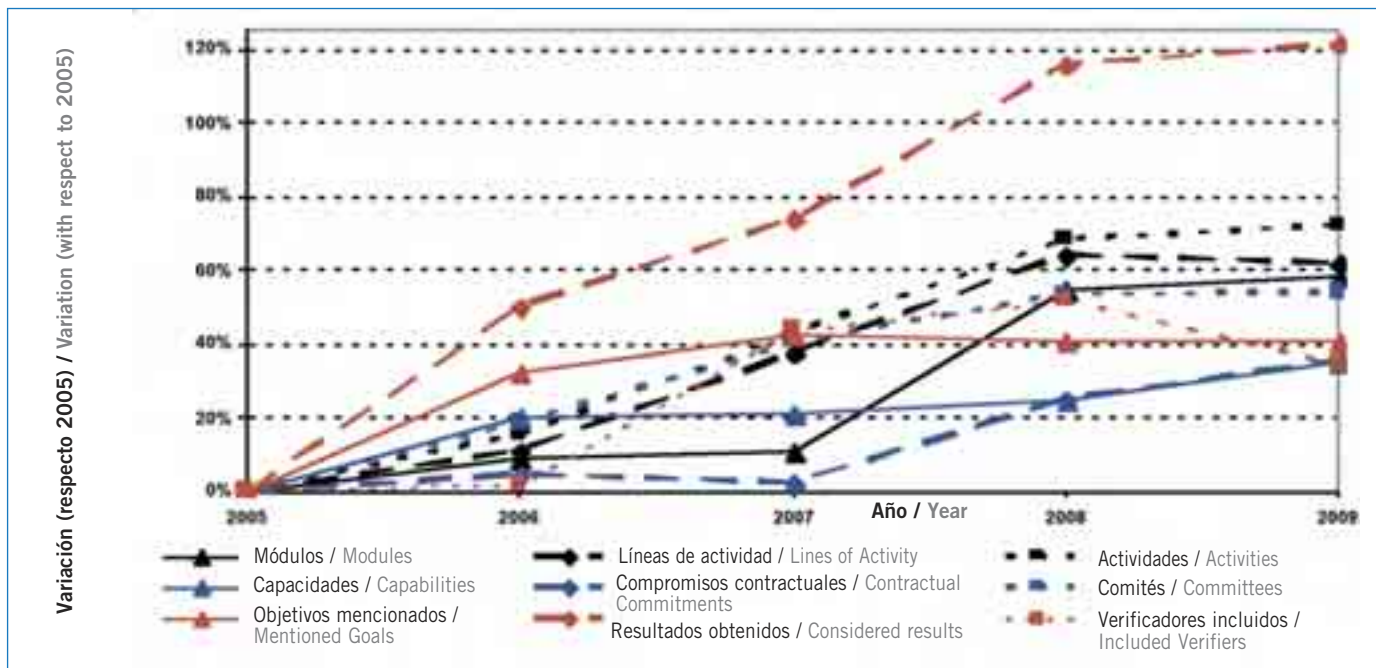


Figura 1. Evolución de los datos recogidos en los módulos.
Figure 1. Evolution of data collected in the modules.

metodología: “La información manejada debería ser la INSTITUCIONAL”, es decir el objetivo era disponer de toda la información que el organismo requería, adecuadamente estructurada, integrada y validada.

En la metodología desarrollada se han incorporado diversos aspectos identificativos, tanto conceptuales como operativos y formales. Como ejemplo pueden citarse los dos siguientes: La información se capta a través de un sistema amigable, que permite a los usuarios facilitar, en cualquier momento, toda la información solicitada. Integrado en CENIT, este sistema se ha ido depurando y mejorando paulatinamente desde que se inició, siempre con el objetivo final de integrarse en la infraestructura centralizada donde deberá estar toda la información institucional.

Sólo se consideran resultados que sean verificables, es decir respaldados, al menos, por un “verificador”, que potencialmente justificaría dicho resultado.

SITUACIÓN ACTUAL

Tras establecer la estructura funcional antes mencionada, el proceso de seguimiento se desarrolla en cuatro fases, temporalmente acotadas:

- Planificación inicial (entre el 1 de octubre y el 31 de diciembre). Se establecen los objetivos, de cada actividad, para el año siguiente.
- Ejecución (entre el 1 de enero y el 31 de diciembre). Se registran los resultados obtenidos una vez alcanzados los objetivos planificados. Como la realidad no suele aceptar el exacto cumplimiento de las previsiones, en este mismo periodo se puede actualizar la planificación, incorporando nuevos objetivos o modificando los previos, tanto en alcance como en plazos.
- Cierre (entre el 1 de enero y el 28 de febrero). Permite completar los resultados últimos y verificar que se ha incluido toda la información relevante del año anterior, antes de su cuantificación.
- Análisis (a partir del 1 de marzo). Se realiza la validación de la infor-

This general approach served to define the initial data that had to be obtained for the tracking –both globally and annually– and that would comprise the basic scheme of the institutional data. In this phase, another of the basic conceptual elements of the methodology was included: “The information involved should be the INSTITUTIONAL information”, i.e., the goal was to have available all the information that the organization required, adequately structured, integrated and validated.

Various identifying aspects –both conceptual as well as operational and formal – have been included in the developed methodology, for example the following two: the information is acquired via a user-friendly system that enables the users to provide all the requested information at any time. Integrated into CENIT, this system has been gradually debugged and enhanced since it was implemented, always with the ultimate goal of integrating it into the centralized infrastructure where all the institutional information should be.

Only results that are verifiable, i.e., backed up by at least one “verifier” that would potentially justify the result, are considered.

CURRENT SITUATION

After establishing the above mentioned functional structure, the tracking process is developed in four time-delimited phases:

- Initial planning (between October 1 and December 31). The goals of each activity are established for the following year.

Planificación y evaluación de proyectos • Planning and Evaluation of Projects

mación e integración en unos informes que se ponen a disposición del CIEMAT para su consideración, evaluación y las pertinentes toma de decisiones.

Como el sistema es dinámico, los datos manejados han evolucionado en estos años de implantación. Como ejemplo se resume, en la figura 1, la evolución porcentual (normalizadas al valor inicial del 2005) de algunos de los datos suministrados por los responsables/coordinadores de los módulos.

Una de las principales dificultades para implantar esta metodología está asociada con la receptividad de los distintos afectados y con el hábito personal de desarrollar proyectos. De hecho, las actividades continuadas, relacionadas con tareas de soporte, apoyo o gestión, suelen ser, y han sido, más difíciles de concretar por sus responsables, en muchos casos por estar supeditadas a una demanda externa, escasamente planificada.

Por otro lado, los mayores esfuerzos iniciales estuvieron asociados tanto con la implantación de unos procesos de captación de información no existente en las fuentes centralizadas, como con el intento de validar y contrastar los nuevos registros con la información dispersa proveniente de otras fuentes del CIEMAT.

En tal sentido se intentó utilizar al máximo la fuente institucional existente: SICO (Sistema de Información Corporativa del Organismo), que realiza adecuadamente esta labor, principalmente con la información económica. Pero existía otra información institucional no integrada, o con deficiencias, que limitaba su explotación, por ejemplo la información asociada con comités, con instalaciones o con los convenios firmados, entre otras.

Entre las dificultades conceptuales afrontadas durante los procesos de aportación y análisis de los datos, pueden mencionarse, a modo de ejemplo, las relacionadas con:

- Planificación y definición de los objetivos. Realmente sólo se solicitan los que, a juicio del ejecutor, fueran los más relevantes o significativos de su actividad, y nunca la totalidad, ya que supondría un esfuerzo injustificado.
- Identificación de los resultados asociados al objetivo. Aquí se hacía hincapié en los resultados científico-técnicos frente a los formales-administrativos, generalmente mucho más fáciles de identificar y desgraciadamente más usuales en las evaluaciones. El ejemplo más evidente podría ser, en una investigación científica, considerar que el objetivo es “publicar” y medir únicamente el número de publicaciones con, a lo sumo, un intento (siempre complejo) de valorar su calidad. Según nuestro criterio, ocasionalmente discutido, publicar es un objetivo formal-administrativo, el objetivo científico-técnico es la propia investigación que se quiere desarrollar, y los resultados son precisamente las conclusiones alcanzadas después de la investigación, que, si son suficientemente significativas, darán lugar a una publicación, aceptada por el entorno científico correspondiente. Desde nuestro punto de vista un resultado no publicable puede ser tan interesante o incluso más, ya que puede dar lugar a nuevas investigaciones mejor orientadas, que, en su momento, originen resultados mucho más relevantes que los publicables de investigaciones menores. O simplemente porque darían lugar a una patente comercializable, sólo si no está publicada previamente. Afortunadamente el problema de la valoración de los resultados científicos no es objeto de esta publicación, ya que es un tema especialmente complejo y polémico.

Uno de los aspectos que ha supuesto más esfuerzo fue intentar motivar a los responsables, transmitiéndoles la importancia institucional de disponer

b) Execution (between January 1 and December 31). The results obtained are recorded once the planned goals are achieved. Since in real life forecasts are usually not accurately fulfilled, in this same period the planning can be updated by including new goals or by modifying previous ones, both in terms of scope and timeframe.

c) Closure (between January 1 and February 28). This is to complete the latest results and verify that all the relevant information from the previous year has been included before quantification.

d) Analysis (as of March 1). The information is validated and included in reports, which are made available to the CIEMAT for consideration, assessment and pertinent decision making.

Because the system is dynamic, the processed data have evolved over these years of implementation. For example, Figure 1 shows the percentage evolution (normalized at the original 2005 value) of some of the data supplied by the supervisors/coordinators of the modules.

One of the main difficulties of implementing this methodology is associated with the receptiveness of the different people involved and with personal habits of project development. In fact, the ongoing activities, related to support or management tasks, are usually, and have been, the most difficult to specify by their supervisors, in many cases because they depend on a poorly planned external demand.

On the other hand, the greatest early efforts were associated with the implementation of processes to acquire information that was non-existent in the centralized sources, and also with the attempt to validate and contrast the new records with the diverse information from other CIEMAT sources.

In this respect, an attempt was made to use the existing institutional source as much as possible: SICO (the Organization's Corporate Information System), which adequately does this job, and particularly with the economic information. But there was other institutional information that was either not integrated or else had deficiencies, thus limiting its use, e.g., information related to committees, installations or signed agreements.

The conceptual difficulties faced during the data provision and analysis processes included the following:

- Planning and definition of goals. Actually only the ones that, in the executor's judgment, are the most relevant or significant of his activity are requested, and never all of them, as this would involve an unjustified effort.
- Identification of goal-related results. Here the emphasis is on the scientific-technical results as opposed to the formal-administrative results, which are generally much easier to identify and unfortunately more common in the assessments. The most obvious example would be, in scientific research, to consider that the goal is “to publish” and to only measure the number of publi-

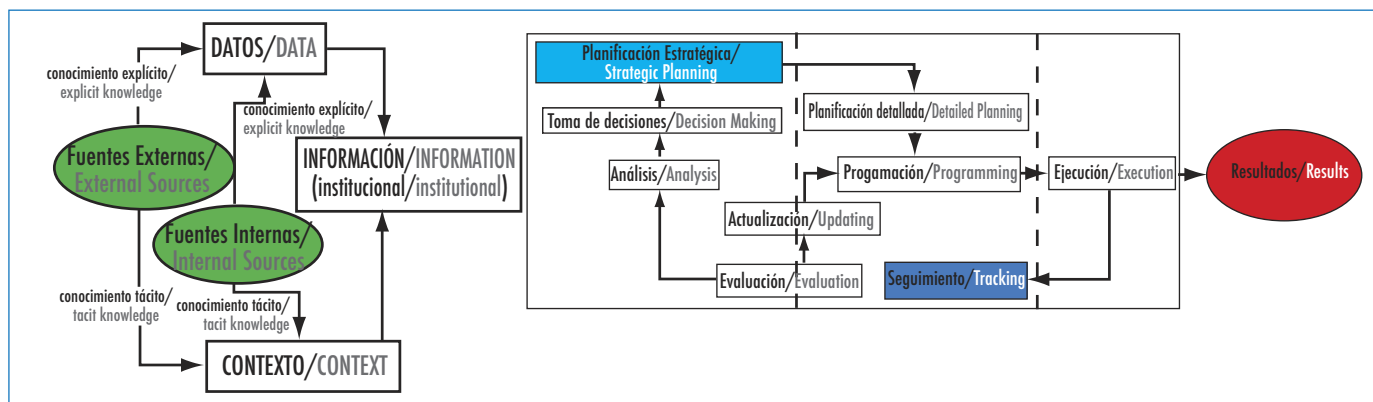


Figura 2. Diagrama esquemático de procesos relacionados con la gestión estratégica.
Figure 2. Schematic diagram of processes related to strategic management.

de esta información integrada, para que asumieran el trabajo adicional de aportar datos sólo por ellos conocidos. Esta labor chocaba con la propia operativa usual del organismo, que no facilita la integración de la información fiable en un repositorio único, al proceder de fuentes dispersas y no siempre fácilmente accesibles.

En muchas ocasiones subyacía la polémica sobre quien dedicaba más esfuerzo, el investigador para aportar información a los gestores o los gestores para facilitar el trabajo de los investigadores.

Sin duda, aún queda mucho trabajo por hacer en este aspecto, y en otros que se han hecho patentes durante la ejecución del proyecto. Este tipo de iniciativas sólo obtienen resultados a medio y largo plazo, ya que la dificultad para vencer inercias requiere bastante tiempo de implantación, aún manteniendo un empuje continuado, y desgraciadamente muy poco tiempo para desmoronarse, si se desatienden.

En todo momento se ha considerado, y aplicado, el concepto de mejora continua, tanto de la metodología (afinando los criterios), como de las herramientas utilizadas para la recuperación, almacenamiento, explotación y análisis de la información, aunque intentando mantener unos formatos de salida suficientemente estables para poder realizar, en su momento, análisis comparativos diacrónicos.

RESULTADOS Y BENEFICIOS

Desde que se implantó esta metodología, muchos de sus procesos se han consolidado, aunque quedan todavía aspectos problemáticos, principalmente relacionados tanto con la aceptación y la implicación de los responsables, como con la integración de datos procedentes de fuentes diversas.

No obstante, como consecuencia de esta iniciativa se han realizado simultáneamente, y a partir de la información inicial recabada, recopilaciones y análisis más detallados, en concreto de las instalaciones y los comités. También se han identificado y detectado las principales carencias relacionadas con otros datos, por ejemplo, los servicios técnicos, los convenios y programas, los recursos humanos o la documentación, muchas de ellas como consecuencia de no existir procesos definidos documentalmente, y la no vigencia formal y operativa de los procedimientos de calidad existentes en el Sistema de Gestión de Calidad.

Por otro lado, uno de los beneficios que cabe destacar, logrados tras la implantación de esta metodología, es el establecimiento de una nueva codi-

cations, at most with an attempt (always complex) to assess their quality. According to our criterion, which is occasionally challenged, publishing is a formal-administrative goal; the scientific-technical goal is the research itself that is to be developed, and the results are precisely the conclusions drawn after the research which, if they are sufficiently significant, will give rise to a publication accepted by the appropriate scientific circles. From our point of view, a non-publishable result may be as, or even more, interesting, since it could give rise to new, better focused research that could eventually produce much more relevant results than those published from lesser research. Or simply because it could give rise to a marketable patent, only if it has not been previously published. Fortunately the problem of assessing scientific results is not the purpose of this article, since this is an especially complex, controversial issue.

One of the hardest things was trying to motivate the supervisors and convey to them the institutional importance of having this integrated information available, so that they would take on the additional task of providing data known only by them. This clashed with the usual practice of the organization, which does not facilitate the integration of reliable information into a single repository, as it comes from scattered and not always easily accessible sources.

On many occasions, there was an underlying controversy regarding who made a bigger effort, the researcher to provide information to the managers or the managers to facilitate the researchers' work.

There is obviously a lot of work left to be done in this area, and in others that have become evident during project execution. This type of initiative only yields medium- and long-term results, since the task of overcoming inertia requires a lot of time to implement, even while maintaining continuous momentum, and unfortunately very little time for the whole effort to fall apart if left unattended.

At all times the concept of continuous improvement has been considered and applied, both in terms of the me-

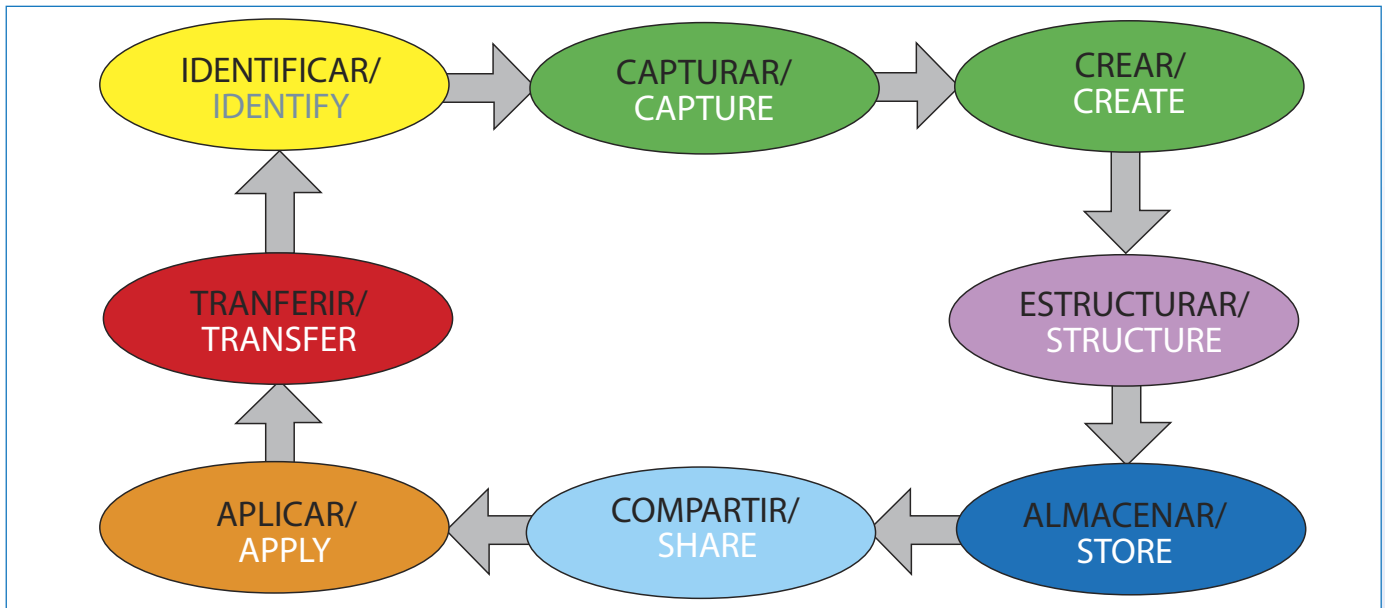


Figura 3. Ciclo de vida del conocimiento de una organización.
Figure 3. Lifecycle of an organization's knowledge.

ficación de las actividades (proyectos), que ha limitado sensiblemente las incidencias asociadas con las reestructuraciones orgánicas. En este sentido puede indicarse que los diferentes cambios organizativos ocurridos desde 2008, año en el que se implantó la nueva codificación, ha reducido en casi un 50% el número de tramitaciones (altas y bajas) de claves funcionales respecto de las que se habrían producido si no se hubiera instaurado.

También la realidad ha confirmado la hipótesis inicial de que la estructura jerarquizada de “actividades”, “líneas de actividad” y “módulos” permitirá relacionar las estructuras funcional y orgánica, manteniéndose ambas independientes. Simultáneamente ha posibilitado una gestión asumible del seguimiento de los resultados del CIEMAT, en las reorganizaciones orgánicas acaecidas, incluidas las debidas a las variaciones estatutarias recientes del CIEMAT.

SIGUIENTES PASOS

El camino hacia la excelencia es largo y estos son los primeros pasos para lograr una óptima utilización, eficaz y eficiente, de estas herramientas, tanto en lo relativo a la recopilación de información fiable, su integración y agilidad de explotación, como en la mentalización de los usuarios, desde los que aportan la información hasta los que podrían explotarla.

Naturalmente, la metodología para el seguimiento de actividades que se ha analizado en este artículo sólo es la fase preliminar de un proceso de optimización de la gestión estratégica (figura 2), que paulatinamente deberá ir incorporando otros elementos necesarios, que están suficientemente identificados en la bibliografía. Aunque mayoritariamente esta bibliografía se orienta a entidades con ánimo de lucro, cada vez existen más ejemplos de casos aplicados con éxito, en entidades sin ánimo de lucro, tanto privadas como públicas.

Así pues, las metodologías como el cuadro de mando integral, la gestión del conocimiento, etc. deberán considerarse cada vez más en los organismos

thodology (honing criteria) and the tools used to recover, store, use and analyze the information, while trying to maintain sufficiently stable output formats to be able to eventually perform comparative diachronic analyses.

RESULTS AND BENEFITS

Since this methodology was implemented, many of its processes have been consolidated, although there are still problematic areas that are primarily related to both the acceptance by and implication of the directors and to the integration of data from diverse sources.

Nevertheless, as a result of this initiative, compilations and more detailed analyses, specifically of the installations and committees, have been simultaneously carried out based on the initial information obtained. The main shortages related to other data, e.g. technical services, agreements and programs, human resources and documentation, have also been identified and detected; many of these are due to the lack of documented processes and the formal and operational invalidity of the quality procedures existing in the Quality Management System.

On the other hand, one of the noteworthy benefits, attained after implementing this methodology, is the establishment of a new activity (project) coding, which has significantly limited the incidents associated with organic restructurings. In this respect, it should be noted that during the various organizational changes that have taken place since 2008, the year when the new coding was implemented, the amount of processing (additions and deletions) of functional keys has been reduced by 50% with respect to what it would have been without implementation.

de la Administración al ser susceptibles de evaluación, y en algunos casos entrar en competencia con otras entidades privadas.

TENDENCIAS

De todo lo anterior aflora otro de los temas, relacionado con el objetivo de alcanzar la excelencia en el CIEMAT, que centra especialmente el interés en la División de Planificación y Evaluación, que aunque no es objeto de este breve artículo conviene, siquiera mencionar. Suele denominarse “Gestión del Conocimiento”, y es un concepto complejo y esencial en todas las organizaciones que desean mejorar continuamente, incrementando el valor añadido de sus productos (resultados).

El CIEMAT, como OPI (Organismo Público de Investigación), desde siempre intenta ofrecer lo mejor de su conocimiento para ser aprovechado por la sociedad, pero, con ser imprescindible, no basta una adecuada transmisión (vía formación, publicaciones, oferta tecnológica o estableciendo acuerdos tecnológicos, etc.).

La gestión del conocimiento requiere optimizar los conocimientos “requeridos”, y para ello es necesario saber de qué conocimientos se dispone, de cuáles se carece (para conseguirlos), cómo conservarlos y difundirlos internamente para su óptima utilización, etc. En la figura 3 se visualiza esquemáticamente las principales etapas realimentadas de esta gestión.

Y además, todo ello en un entorno cada vez más competitivo, ágil y dinámico. Adaptarse a este dinamismo es uno de los retos de CIEMAT.

BIBLIOGRAFÍA Y LECTURAS ADICIONALES / BIBLIOGRAPHY AND FURTHER READING

- La estructura de las organizaciones. Henry Mintzberg. Ariel. 1988.
- El establecimiento de objetivos y la medición de resultados en el ámbito público. IGAE. Ministerio de Economía y Hacienda. 2006.
- Nuevas herramientas de gestión pública: El cuadro de mando integral. Antonio J. Mora, Carlos Vivas. AECA. 2001
- Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación. OECD. 2005.
- Un modelo genérico de protocolo para la evaluación de centros de I+D. FECYT. 2005.
- Cuadro de mando integral (The Balanced Scorecard). Robert S. Kaplan y David P. Norton. Gestión 2000. 2002.
- Alignment. Robert S. Kaplan y David P. Norton. Harvard Business School Press. Gestión 2000. 2002.
- Balanced Scorecard. Step by step for Government and Non profit Agencies. Paul R. Niven. John Wiley & Sons Inc. 2003.
- Gestión del conocimiento en las Administraciones Públicas. Juan C. Casco, Pedro Fernández. Grupo Ros E. 2004
- La organización creadora de conocimiento. Ikujiro Nonaka, Hirotaka Takeuchi. Oxford University Press. 1999.
- Gestión del conocimiento. Harvard Business Review. Deusto 2000.
- Gestión del conocimiento. Jean-Yves Bück. AENOR. 2000.
- Modelo integral de gestión del conocimiento desde un enfoque de procesos. Teresa Peña y otros. Universidad de Burgos. 2006.

Reality has also confirmed the original hypothesis that the hierarchical structure of “activities”, “lines of activities” and “modules” would make it possible to relate the functional and organic structures, while keeping both independent. It has simultaneously enabled an assumable management of the tracking of CIEMAT results in the organic reorganizations that have taken place, including those owing to the recent statutory changes in the CIEMAT.

NEXT STEPS

The road to excellence is long and these are the first steps to achieve an optimum, efficient and effective use of these tools in the compilation of reliable information and its integration and speed of use, and also to raise the awareness of users, from those who provide the information to those who may use it.

Naturally, the activity tracking methodology discussed in this article is only the preliminary phase of a strategic management optimization process (figure 2) that should gradually include other necessary elements, which are sufficiently identified in the bibliography. Although this bibliography is primarily intended for profit organizations, there are an increasing number of cases successfully applied in both public and private non-profit entities.

Therefore, methodologies such as the balanced scoreboard, knowledge management, etc. should be increasingly considered in public administration entities, as they are subject to assessment and in some cases must compete with other private entities.

TRENDS

The above leads to another topic related to the CIEMAT goal of achieving excellence and in which the Planning and Assessment Division is particularly interested, and, although it is not the subject of this brief article, it should at least be mentioned. What is usually called “Knowledge Management” is a complex concept that is essential in all organizations that wish to continuously improve and increase the added value of their products (results).

The CIEMAT, as an OPI (Public Research Entity), has always tried to offer the best of its knowledge so it can be used by society, but a mere transfer (via training, publications, technology agreements, etc.), though essential, is not enough.

Knowledge management requires that the “required” knowledge be optimized, and to do so it is necessary to know what knowledge is available, what knowledge is missing (to obtain it), how to internally maintain and disseminate it for optimum use, etc. Figure 3 schematically shows the main feedback stages of this management.

And furthermore, all of this takes places in an increasingly competitive and dynamic environment. Adapting to these dynamics is one of the challenges of the CIEMAT.

Braquiterapia: la necesidad de un laboratorio nacional de metrología en España

Brachytherapy: The need for a national metrology lab in Spain

PAZ AVILÉS LUCAS - Investigadora del Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes del CIEMAT / Research of the CIEMAT Ionising Radiation Metrology Laboratory.

La radioterapia, junto con la quimioterapia y la cirugía, es una técnica terapéutica esencial para el tratamiento de tumores malignos. Parte del desafío de un tratamiento de radioterapia adecuado, se encuentra en la optimización del volumen irradiado, que ha de ajustarse al volumen tumoral en la medida de lo posible. Dependiendo de la posición de la fuente de radiación relativa a la del paciente, podemos tener un procedimiento de radioterapia externa o de braquiterapia. Un procedimiento de braquiterapia consiste en la introducción de fuentes encapsuladas relativamente pequeñas cerca o dentro del volumen tumoral a tratar. Este tratamiento terapéutico tiene dos ventajas claras: por un lado, permite prescribir la dosis ajustándola al volumen del tumor, evitando la exposición innecesaria de los tejidos adyacentes sanos [1], y de otro, disminuye la duración del tratamiento relativa a la de un tratamiento de radioterapia.

LA NECESIDAD DE UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN PARA BRAQUITERAPIA EN ESPAÑA

Los sistemas para fuentes de alta tasa de dosis son los que más abundan en las unidades hospitalarias de braquiterapia españolas (más de 100 en estos momentos) y se usan en el tratamiento de tumores de cervix, esófago, pulmones, mama, cabeza, cuello etc. Se trata en este caso, de fuentes de relativa alta actividad (370 GBq para el caso del ^{192}Ir). Es importante mencionar aquí también, que una de las aplicaciones de la braquiterapia que ha ganado más importancia en la última década se encuentra en el tratamiento del cáncer de próstata con fuentes de baja tasa. La razón: uno de cada seis hombres será diagnosticado de cáncer de próstata durante toda su vida [2], y este tipo de cáncer, que es el tercero más frecuente en hombres en España, es la tercera causa de muerte por este tipo de enfermedad [3]. En el caso de tratamientos de cáncer de próstata, la técnica (también ya muy común en las unidades hospitalarias de braquiterapia españolas) cumple varios objetivos:

- los procedimientos de braquiterapia se desarrollan con menor tiempo de hospitalización (1-2 horas) comparados con los procedimientos convencionales quirúrgicos.
- los pacientes tienen una recuperación más rápida.
- los tratamientos conllevan asociada una disminución en las complicaciones respecto a la cirugía convencional (preservando órganos como la uretra y el recto, con una mejor conservación de la capacidad eréctil y con ausencia de incontinencia urinaria).

La consecuencia de estos hechos es obvia tal y como señala la Sociedad Española de Física Médica: *el número de unidades hospitalarias de tratamiento con fuentes de braquiterapia ha aumentado de forma casi exponencial en los últimos años (con más de 100*

hospitales en España) y se espera mantener esta predicción de crecimiento para los próximos.

De la misma forma, ha crecido significativamente el mercado de fuentes radiactivas –para el caso de braquiterapia de próstata, estimado en aproximadamente 10 millones de semillas al año [4]– y el de productos relacionados con los tratamientos de braquiterapia. Diversas asociaciones (La Sociedad Española de Física Médica, la Sociedad de Protección Radiológica y la Sociedad Española de Oncología Radioterápica) han reiterado en numerosas ocasiones [5-7] las carencias en materia de calibración de fuentes y detectores de braquiterapia en este país.

La necesidad de construcción de un laboratorio de calibración para braquiterapia responde a la pregunta que cualquier persona, sea o no especialista en metrología de radiaciones ionizantes, se haría respecto a esta técnica:

¿De qué forma y con qué grado de precisión consigue el médico especialista conocer “cuánta dosis de radiación” proporciona cada fuente al tumor a tratar?

La contestación a esta pregunta fundamental, se basa en última instancia, en la calibración apropiada de las fuentes en un laboratorio de metrología especializado, i.e., en el conocimiento, con la menor incertidumbre posible, de la energía depositada (empleada para destruir células cancerígenas) por cada semilla o fuente radiactiva. Una calibración apropiada y de la más alta calidad metrológica posible, juega un rol fundamental en el desarrollo de un tratamiento de braquiterapia óptimo. Además, la caracterización precisa de las fuentes entra a formar parte en los programas de garantía de calidad implementados en las entidades proveedoras de fuentes, por lo que resulta ser también una etapa fundamental en la cadena de tratamiento del paciente [4].

A sabiendas del enorme potencial de este tipo de tratamientos y de su impacto social directo, hasta el momento, no se ha desarrollado en España un laboratorio de calibración nacional para fuentes de braquiterapia. La inexistencia de un laboratorio de calibración para braquiterapia de alta tasa, pulsada y baja tasa en España conlleva a que la calibración deba efectuarse en laboratorios extranjeros. Una consecuencia inmediata de esta situación, es la no disponibilidad de los equipos durante un plazo de tiempo y la consecuente extensión de los periodos de uso mas allá de las recomendaciones de calibración, para evitar no disponer del equipamiento en los hospitales españoles. Por otro lado, en el caso de fuentes con calibración no ofertada, no existe ninguna posibilidad salvo la de desarrollar una verificación de las mismas con fuentes de estabilidad. Tal y como señala A. Broset et al. [5], varias investigaciones, plasmadas en artículos e informes, han puesto de manifiesto desde hace años que en un número significativo de casos, los valores medidos discrepaban en exceso de los señalados por el fabricante, o en palabras más técnicas, las diferencias superaban los intervalos de incertidumbre o “límites de variación” que aparecían en los certificados. En unos casos, esos intervalos o “límites” eran considerablemente grandes, tanto como $\pm 10\%$.

ACTIVIDADES DEL CIEMAT EN EL CAMPO DE LA BRAQUITERAPIA: PARTICIPACIÓN EN EL PROYECTO EUROPEO T2.J06, JRP6 “*INCREASING CANCER TREATMENT EFFICACY USING 3D BRACHYTHERAPY*”

A pesar de la no disponibilidad de un laboratorio de calibración de fuentes de braquiterapia en España, el Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes (LMRI) del CIEMAT está participando asociado al laboratorio nacional francés Henri Becquerel, LNE-LNHB, con base en la Comisión de la Energía Atómica (Commissariat à l'Énergie Atomique –CEA-) de Francia en el primer proyecto internacional Europeo para el desarrollo de detectores avanzados de referencia para dosis absorbida en agua en braquiterapia.

Históricamente, todos los laboratorios nacionales de metrología de radiaciones ionizantes en braquiterapia han desarrollado y usado métodos de calibración en aire basados en la determinación de la magnitud física kerma, mediante detectores apropiados. Las medidas de kerma en aire se expresan en un medio vacío a un metro de distancia del centro efectivo de la fuente. La definición en un medio vacío conlleva la corrección de las medidas por el efecto de atenuación y dispersión en aire o en cualquier otro medio que se interponga entre la fuente y el detector, así como por la dispersión de fotones desde cualquier objeto próximo incluyendo los proyectores de fuentes, las paredes, suelo y techo de la sala [8]. Las magnitud

A sabiendas del enorme potencial de este tipo de tratamientos y de su impacto social directo, hasta el momento, no se ha desarrollado en España un laboratorio de calibración nacional para fuentes de braquiterapia ”

Radiotherapy, along with chemotherapy and surgery, is an essential therapeutic technique for treating malignant tumours. Part of the challenge of a suitable radiotherapy treatment lies on the optimisation of the irradiated volume, which must be adapted to the tumour volume as far as possible. Depending on position of the radiation source relative to the patient, the procedure in question could be external radiotherapy, or brachytherapy. In a brachytherapy procedure, relatively small encapsulated radioactive sources are placed close to or in the tumour volume to be treated. This therapeutic treatment has two obvious advantages; on one hand the prescribed dose can be adjusted to the tumour volume, preventing unnecessary exposure of the adjacent healthy tissues [1], and on the other, it decreases the treatment duration compared to a radiotherapy treatment.

THE NEED FOR A BRACHYTHERAPY CALIBRATION LABORATORY IN SPAIN

The systems for high dose rate sources are the ones most commonly found in Spanish brachytherapy hospital units (nowadays more than 100). They are used to treat tumours of the cervix, oesophagus, lung, breast, head, neck, etc. These sources have a relatively high level of activity (370 GBq in the case of ^{192}Ir). Prostate carcinoma has also become important in the last decade within brachytherapy treatments which use low dose rate sources. The reason: one out of every six men will be diagnosed with prostate cancer at some point in his life [2], and this type of cancer, which is the third most frequent among men in Spain, is the third leading cause of death by this disease [3]. In the case of prostate cancer treatments, the technique (also very common in Spanish brachytherapy hospital facilities) has several advantages:

- it requires patients to stay less time at the hospital (1-2 days),
- it provides a patient faster recovery and
- the treatments are associated with diminished complications in comparison to conventional surgery (avoids unnecessary exposure of organs such as the urethra and rectum, with better protection of the erectile capacity and absence of urinary incontinence).

The result of the above is obvious, as indicated by the Spanish Medical Physics Society: *the number of hospital treatment facilities with brachytherapy sources has increased almost exponentially in recent years (with more than 100 hospitals in Spain) and this growth forecast is expected to continue in the years to come.*

Likewise, the market for radioactive sources –in the case of prostate brachytherapy, estimated at 10 million seeds

des dosimétricas en radioterapia deberían sin embargo, estar basadas en la estimación de la dosis absorbida en agua [9], material de número efectivo próximo al del tejido blando humano. Así ocurre en el caso de la calibración de los detectores usados en la dosimetría de radioterapia externa. La dosimetría a los pacientes y los algoritmos para el cálculo de dosis en la planificación del tratamiento de braquiterapia están basados todos en la magnitud dosis absorbida en agua a una distancia inferior o igual a 1 cm. La dosis absorbida en agua es consecuentemente, la magnitud física de interés.

En braquiterapia, la dosis absorbida en agua alrededor de una fuente se deriva en estos momentos de forma indirecta mediante la aplicación del formalismo de un protocolo (publicado por la *American Association of Physicists in Medicine* [10]) y a partir de la medida de la tasa de kerma en aire de referencia con el uso de datos tabulados y publicados y de algoritmos estándar. Considerando todas las incertidumbres asociadas con la conversión y verificación de las distribuciones espaciales de dosis, la incertidumbre típica combinada en la determinación de la dosis absorbida en el agua en un punto próximo a la fuente (1 cm) se estima en un 10 % aproximadamente. Este valor es clínicamente significativo, por lo que *este procedimiento de determinación de la energía impartida involucra un nivel alto de incertidumbre que al final se transmite a la cadena de planificación de tratamiento del paciente.*

Aunque el uso de fuentes radiactivas en la práctica clínica de braquiterapia data de los años 60 – el ^{125}I por ejemplo, se introdujo como implante permanente en 1965 [11]–, no existen en estos momentos, patrones primarios de dosis absorbida en agua que nos aseguren la trazabilidad dosimétrica de las fuentes de braquiterapia, mientras que si existen para la dosimetría de haces de radiación que producen los aceleradores y que se emplean en la rutina diaria durante la planificación de tratamientos de radioterapia externa. Esta desafortunada situación, es la que conduce sólo en el caso de la braquiterapia, a una determinación de la energía impartida de menor imprecisión y exactitud que la que caracteriza a la de los haces de los aceleradores de radioterapia externa, encontrándose el origen de esta más baja calidad metrológica, en el procedimiento de conversión que se menciona anteriormente y que constituye una fuente de incertidumbre considerable. La incertidumbre en el valor final de la energía impartida al paciente durante un tratamiento de braquiterapia no es menor del 5 %, valor significativamente más alto que el 2 %, que se obtiene en dosimetría de haces externos generados en los aceleradores clínicos [12]. La consecuencia más directa de esta situación actual, es que el valor elevado de la incertidumbre en la determinación de la dosis absorbida puede influenciar negativamente el éxito clínico de un tratamiento de braquiterapia (el “nivel” de la energía impartida tiene influencia fundamental en los procesos de reparación de las células cancerígenas, en la cinética celular etc, que al final controla la respuesta a la radiación de los tejidos tumorales o de los tejidos sanos).

Desde 2008 y por vez primera en la historia, los principales laboratorios de patrones nacionales de metrología de radiaciones ionizantes, están concentrando sus esfuerzos personales y económicos en el establecimiento de técnicas de calibración primarias en unidades de dosis absorbida en agua (T2.J06, JRP6; “*Increasing cancer treatment efficacy using 3D brachytherapy*”) en el marco del proyecto iMERA-Plus entre la Comisión Europea y la Asociación Europea de Institutos Nacionales de Metrología [13]. Este es también uno de los objetivos del Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes del CIEMAT en Madrid, que ha participado desde octubre de

Knowing full well the enormous potential of this type of treatment and its direct social impact, no national calibration laboratory for brachytherapy sources has been developed in Spain to date ”

a year [4]– and for products related to brachytherapy treatments has grown significantly. Various associations (the Spanish Medical Physics Society, the Radiation Protection Society and the Spanish Radiotherapeutic Oncology Society) have on numerous occasions [5-7] reiterated the lack of calibration of brachytherapy sources and detectors in this country.

The need to build a brachytherapy calibration laboratory is based on the question that anyone, whether or not a specialist on ionising metrology, would ask in relation to this modality:

How and how accurately does the medical specialist know “how much radiation dose” is provided by each source to the tumour to be treated?

The answer to this fundamental question is ultimately based on appropriate source calibration in a specialised metrology laboratory; i.e., on the knowledge, with the least possible uncertainty, of the energy deposited (used to destroy cancerous cells) by each radioactive seed or source. An appropriate calibration, of the best possible metrological quality, plays an essential role in the development of an optimal brachytherapy treatment. Moreover, accurate characterization of the sources is included as part of the quality assurance programs implemented in the source manufacturer companies and, therefore, it is also a fundamental stage in the patient’s treatment planning [4].

Knowing full well the enormous potential of this type of treatment and its direct social impact, no national calibration laboratory for brachytherapy sources has been developed in Spain to date. The inexistence of a calibration laboratory for high dose, pulsed dose and low dose rate brachytherapy in Spain means that the calibration has to be done in foreign labs. An immediate consequence of this situation is that the equipment will not be available for a certain period of time at the hospital. This may cause the resulting extension of the usage periods beyond the calibration recommendations to avoid the unavailability of equipment in Spanish hospitals. On the other hand, in the case of sources with no calibration provided, there is no other possibility than developing a verification thereof with reference sources. According to A. Brosed et al. [5], several research articles and reports have claimed for some years that, in a significant number of cases, the measured values differ excessively from the ones indicated by the manufacturer or, in more technical terms, the differences surpassed the uncertainty intervals or “limits

2008 [12, 14-16] en el citado proyecto, de la mano de uno de los miembros principales, el laboratorio nacional francés Henri Becquerel, LNE-LNHB. El laboratorio francés LNE-LNHB está desarrollando un detector único (figura 1) para la calibración de fuentes de baja energía (empleadas en tratamientos de cáncer próstata, entre otros) que difiere significativamente en geometría y procedimiento de medida de los hasta ahora diseñados en el mundo. Esta particularidad no es casual y proporcionará una estimación más robusta de las magnitudes físicas de interés, resaltando posibles errores sistemáticos y correcciones en las medidas respecto de las filosofías de cálculo de los detectores primarios convencionales. El LMRI del CIEMAT ha participado [12, 14-16] en parte del desarrollo del detector primario y en los cálculos computacionales de los factores de corrección necesarios para determinar la dosis absorbida en agua a partir de las medidas con el detector primario construido. La publicación final está en proceso de elaboración.

Es fundamental destacar también, que dentro del marco del citado proyecto, el LMRI del CIEMAT también ha participado en la caracterización de la distribución en 3-D de la dosis en agua alrededor de una fuente de ^{192}Ir de alta tasa (figura 2). En el área de la braquiterapia de alta tasa, el LMRI del CIEMAT ha estado en contacto con el LNE-LNHB desde 2006, año en el que ofreció su ayuda para la formación del futuro laboratorio de braquiterapia en España [17]. Dentro del proyecto Europeo T2.J06, el LMRI del CIEMAT participa con el LNE-LNHB en la evaluación de la distribución de dosis espacial alrededor de una fuente de ^{192}Ir . La deposición de energía en una región de alto gradiente, próxima a la fuente, puede solo calcularse con precisión mediante métodos computacionales Monte Carlo que fueron desarrollados por el LMRI y el LNE-LNHB para simular el transporte de radiación en detectores alrededor de la fuente de ^{192}Ir localizada en el centro de un medio de agua. Además, se estudió la calibración de dichos detectores en seis haces de energía diferentes y se investigaron las variaciones de las fluencias de electrones y fotones en cada caso. Los resultados finales se encuentran también en proceso de elaboración y publicación.



Figura 1. Desarrollo del detector primario del LNE-LNHB para el establecimiento de la dosis absorbida en agua (con permiso del LNE-LNHB, CEA, Francia). A la derecha se muestra una imagen ampliada de la fuente de ^{125}I (0,8 mm de diámetro y 4,5 mm de longitud) en el interior de una esfera de material dispersor semejante al agua.
Figure 1. Development of the primary detector of the LNE-LNHB for determination of the absorbed dose to water (with permission of the LNE-LNHB, CEA, France). The image on the right is an amplified image of the ^{125}I source (0.8 mm in diameter and 4.5 mm long) inside a sphere of dispersion material similar to water.

of variation” that appear in the certificates. In some cases, these intervals or “limits” were as large as $\pm 10\%$.

CIEMAT ACTIVITIES IN THE FIELD OF BRACHYTHERAPY: PARTICIPATION IN EUROPEAN PROJECT T2.J06, JRP6 “INCREASING CANCER TREATMENT EFFICACY USING 3D BRACHYTHERAPY”

In spite of the unavailability of a brachytherapy source calibration laboratory in Spain, the CIEMAT Ionising Radiation Metrology Laboratory (LMRI) is participating associated to the national French laboratory LNE-LNHB (based at the Commissariat à l’Énergie Atomique –CEA–) in the first international European project to develop advanced reference detectors for absorbed dose to water in brachytherapy.

Historically, all national ionising radiation metrology laboratories working in the field of brachytherapy have developed and used detectors and air calibration methods based on the determination of the physical quantity kerma. The air kerma measurements are expressed in vacuum at a distance of one meter from the effective centre of the source. The fact that it is defined in a vacuum medium means that the measurements should be corrected by attenuation and scattering in air or in any other medium interposed between the source and the detector, as well as by the scatter contribution of photons from any nearby object, including the source projectors and the walls, floor and ceiling of the room [8]. The dosimetric quantities in radiotherapy, however, should be based on the estimation of the absorbed dose to water [9], a material with effective number approaching that of human soft tissue. This is the case of the calibration of detectors used in external radiotherapy dosimetry. The absorbed dose to water is consequently the physical quantity of interest. Patient dosimetry and the algorithms for dose calculation in brachytherapy treatment planning are all based on the absorbed dose to water estimated at a distance of the order of 1 cm.

In brachytherapy, the absorbed dose to water around a source is indirectly derived at this time by applying the formalism of a protocol (published by the American Association of Physicists in Medicine [10]) and based on measurement of the reference air kerma rate with the use of tabulated, published data and standard algorithms. Considering all the uncertainties associated with the conversion and verification of the spatial dose distributions, the typical combined uncertainty in determination of the absorbed dose to water at a point near the source (1 cm) is estimated to be approximately 10%. This value is clinically significant and, therefore, this procedure to determine the imparted energy

ACTIVIDADES EN LOS LABORATORIOS DEL CIEMAT EN EL CAMPO DE LA BRAQUITERAPIA

Desde 2005, el CIEMAT ha impulsado e invertido en la construcción de un laboratorio de calibración para fuentes de braquiterapia en España. Como resultado, se han llevado a cabo diversas acciones en otras instalaciones del centro que han permitido establecer las bases del futuro laboratorio. Para las calibraciones de las cámaras de terapia en la energía del ^{192}Ir (correspondiente a las fuentes más empleadas en España en estos momentos) en aire, es indispensable establecer primero las calidades de rayos X y ^{137}Cs . Esto se ha realizado también en los laboratorios del LMRI del CIEMAT [18], que disponen además de una fuente de ^{60}Co establecida como patrón para las calidades de radioterapia. Existen además, diferentes metodologías de cálculo del coeficiente de calibración en la energía del ^{192}Ir que el LMRI del CIEMAT ha analizado y discutido con los resultados de estudios realizados utilizando las diferentes aproximaciones existentes y con diversos detectores empleados en terapia [19].

REFERENCIAS / REFERENCES

- [1] Khan F M. The physics of radiation therapy 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins. 1994.
- [2] Herranz F, Arias F, Arrizabalaga M, Calahorra FJ, Carballido J, Diz R et al. El cáncer de próstata en la Comunidad de Madrid en el año 2000. II- Presentación y diagnóstico. *Actas Urol Esp.* 2003;27(5):335-344.
- [3] Granado de la Orden S, Saá Requejo C, Quintás Viqueira. Situación epidemiológica del cáncer de próstata en España. A. *Actas Urológicas Españolas.* Junio 2006.
- [4] Guilhem Douysset. Brachytherapy of Prostate Cancer: An all-in-one system to test radioactive sources. CEA Technologies. October/November 2007; 87: 6.
- [5] A. Brosed, J. Pérez Calatayud, J. Vivanco. Necesidades metrológicas en braquiterapia. Soluciones a corto, medio y largo plazo. *Revista de la Sociedad Española de Física Médica.* 2000; 1(1):107-11.
- [6] A. Brosed, José Hernández Armas, José Pérez Calatayud, Javier Vivanco Parellada, José Tesifón Cañete, M^a Isabel Villanueva Delgado. Necesidades de calibración en el ámbito hospitalario español y en las distintas áreas de aplicación de las radiaciones ionizantes. *Foro sobre Protección Radiológica en el Medio Hospitalario. Consejo de Seguridad Nuclear, Sociedad Española de Protección Radiológica, Sociedad Española de Física Médica.* Diciembre de 2002; 1-17.
- [7] A. Brosed. Avanzar en Protección Radiológica mejorando la calidad. Actualidad y futuro de los laboratorios de calibración de radiaciones ionizantes. XI Congreso Nacional de de la Sociedad Española de Física Médica, Tarragona, 18-21 septiembre 2007.
- [8] Caswell R, Wambersie A, Cross W G, Jarvinen H, Soares C, Vynckier S, Weaver K, Fluhs D. ICRU Report 72. *J. ICRU* 2004; 4 (2): 36-8 (Oxford University Press).
- [9] Sarfehnia A, Stewart K, Seuntjens J. An absorbed dose to water standard for HDR ^{192}Ir brachytherapy sources based on water calorimetry: Numerical and experimental proof-of-principle. *Med. Phys.* 2007; 34(12): 4957-61.

involves a high level of uncertainty which in the end is transmitted to the patient treatment planning sequence.

Although the use of radioactive sources in brachytherapy clinical practice dates back to the 1960s – ^{125}I , for example, was introduced as a permanent implant in 1965 [11] – there are currently no primary standards for absorbed dose to water that ensure the dosimetric traceability of the brachytherapy sources, whereas they do exist for the dosimetry of radiation beams produced by accelerators used in the daily routine during the external radiotherapy treatment planning. This unfortunate situation is what leads, just in the case of brachytherapy, to a less precise and accurate determination of the imparted energy than that characterising the beams of external radiotherapy accelerators. The origin of this lower metrological quality is the previously mentioned conversion procedure which is a source of considerable uncertainty. The uncertainty in the final value of the energy imparted to the patient during a brachytherapy treatment is not less than 5 %, a significantly higher value than the 2 % obtained in dosimetry of external beams generated in clinical accelerators [12]. The most direct consequence of this current situation is that the high value of the uncertainty in the determination of the absorbed dose can have a negative influence on the clinical success of a brachytherapy treatment (the “level” of the imparted energy has a fundamental influence on the repair process of the cancerous cells, on the cellular kinetics, etc., which in the end controls the tumoral tissue or healthy tissue response to radiation).

Since 2008 and for the first time in history, the leading national ionising radiation metrology laboratories are focusing their personal and economic efforts on the establishment of primary calibration techniques in absorbed dose to water units (TS.J06, JRP6; “Increasing cancer treatment efficacy using 3D brachytherapy”), within the framework of project iMERA-Plus between the European Commission and the European Association of National Metrology Institutes [13]. This is also one of the goals of the CIEMAT Ionising Radiation Metrology Laboratory (LMRI) in Madrid, which since October 2008 [12, 14-16] has participated in this project thanks to the support of one of the leading members, the French national laboratory Henri Becquerel, LNE-LNHB, of France. The French laboratory LNE-LNHB is developing a unique (figure 1) detector for the calibration of low energy sources (used in prostate cancer treatments, among others), which differs significantly in geometry and measurement procedure from those designed to date in the world. This particularity is not by chance and will provide a more robust estimation of the physical quantities of interest and will highlight possible systematic errors and corrections in the measurements with respect to the calculation philosophies of “more conventional” primary detectors. The CIEMAT LMRI has participated [12, 14-16] in part of the development of the primary detector and in the computational calculations of the correction factors required to determine the absorbed dose to water based on the measurements with the constructed primary detector. The final publication is on due process.

- [10] R. Nath, L L Anderson, G Luxton et al. Dosimetry of interstitial brachytherapy sources: Recommendations of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 43. *Med. Phys.* 1995; 22: 209-234.
- [11] Beyer DC. The evolving role of prostate brachytherapy. *Cancer Control.* 2001 Mar-Apr;8(2):163-70.
- [12] I. Aubineau-Lanièce, P. Avilés-Lucas, J. Bordy, B. Chauvenet et al. Development of a primary standard in terms of absorbed dose to water for ^{125}I brachytherapy seeds. *International Symposium on Standards, Applications and Quality Assurance in Medical Radiation Dosimetry.* Viena. 9-12 Noviembre 2010. Presentación IAEA-CN-182-129.
- [13] Maurizio Bovi 1, Maria Pia Toni 2, Isabelle Aubineau-Lanièce 3, Jean-Marc Bordy 4, João Cardoso 5, Bruno Chauvenet 6, Frantisek Gabris 7, Jan-Erik Grindborg 8, Antonio Stefano Guerra 9, Antti Kosunen 10, Carlos Oliveira 11, Maria Pimpinella 12, Thorsten Sander 13, Hans-Joachim Selbach 14, Vladimír Sochor 15, Jaroslav Šolc 16, Jacco de Pooter 17, Eduard van Dijk 18. Traceability to absorbed-dose-to-water primary standards in dosimetry of brachytherapy sources used for radiotherapy. XIX IMEKO World Congress Fundamental and Applied Metrology September 6-11, 2009, Lisbon, Portugal.
- [14] Isabelle Aubineau-Lanièce, P. Avilés Lucas, J.M. Bordy, B. Chauvenet, D. Cutarella, G. Douysset, J. Gouriou, J. Plagnard Absorbed dose reference for LDR brachytherapy: the LNE-LNHB approach 14 Congrès International de Métrologie. Paris, Francia; 22/06/2009 - 25/06/2009.
- [15] I Aubineau-Lanièce, Paz Avilés Lucas, Jean-Marc Bordy, Bruno Chauvenet, Dominique Cutarella, Guilhem Douysset, Jean Gouriou, Johann Plagnard Absorbed dose reference for LDR brachytherapy. World Congress 2009 on Medical Physics and Biomedical Engineering. Munich, Alemania; 07/09/2009 - 12/09/2009.
- [16] V. Lourenço, D. Vermesse, D. Cutarella, M. P. Avilés-Lucas, I. Aubineau-Lanièce. 3D distribution measurement of the absorbed dose to water around ^{192}Ir brachytherapy source by thermoluminescent dosimeters. *International Symposium on Standards, Applications and Quality Assurance in Medical Radiation Dosimetry.* Viena, Austria; 09/11/2010 - 12/11/2010.
- [17] P Avilés Lucas. Formación en el desarrollo de un laboratorio de calibración en braquiterapia: Laboratorio de braquiterapia LNHB. Seminario del Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes del CIEMAT. Junio 2006.
- [18] Rascón Caballero A, González Leitón A, Avilés Lucas P, Brosed Serreta A. Establecimiento en el Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes del CIEMAT de las calidades correspondientes a la energía del Cs-137 y rayos X de 250 kV, en niveles de terapia y caracterizadas en unidades de kerma en aire. XVI Congreso Nacional de Física Médica. Sociedad Española de Física Médica. Granada, España; 22-25/05/2007.
- [19] Avilés Lucas P, González Leitón A, Rascón Caballero A, Brosed Serreta A. Comparación de coeficientes de calibración para cuatro cámaras de terapia en la energía del ^{192}Ir . Congreso Nacional de Física Médica. Sociedad Española de Física Médica. Granada, España; 22-25/05/2007.

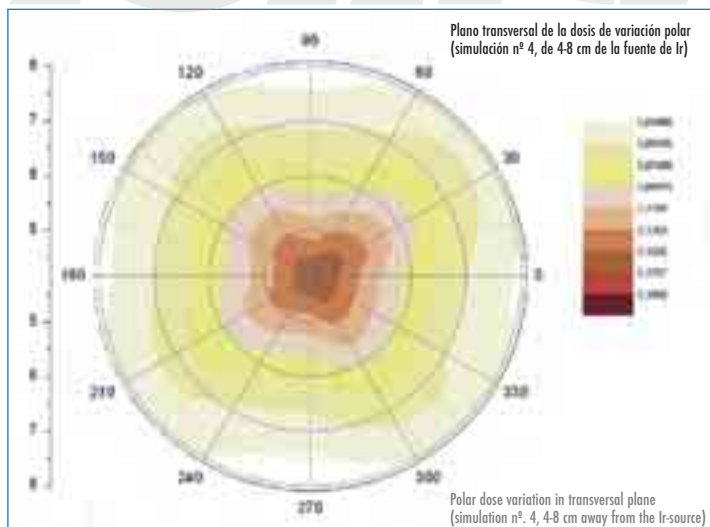


Figura 2. Variación polar en 2D de la dosis absorbida en agua para una fuente de ^{192}Ir de alta tasa (con permiso del LNE-LNHB, CEA, Francia).
Figure 2. 2D polar variation of the absorbed dose to water for a high dose rate ^{192}Ir source (with permission of the LNE-LNHB, CEA, France).

It is fundamental as well to highlight the participation, in the framework of this project, of the CIEMAT LMRI in the characterization of the 3D distribution of the dose in water around a high dose rate ^{192}Ir source (figure 2). In the field of high dose rate brachytherapy, the CIEMAT LMRI has been in contact with the LNE-LNHB since 2006, when this laboratory offered its assistance for training and developing the future brachytherapy laboratory in Spain [17]. As part of European project T2.J06, the CIEMAT LMRI participates in the evaluation of the spatial dose distribution around a ^{192}Ir source with the LNE-LNHB lab. Energy deposition in a high gradient region near the source can only be accurately calculated with Monte Carlo computational methods that were developed by the LMRI and LNE-LNHB to simulate the transport of radiation in detectors around the ^{192}Ir source located in the center of a water medium. In addition, the calibration of these detectors was studied in six different energy beams and the variations of the electron and photon fluences were investigated in each case. Final results are on due process.

ACTIVITIES IN THE CIEMAT LABORATORIES IN THE FIELD OF BRACHY THERAPY

Since 2005, the CIEMAT has promoted and invested in the construction of a calibration laboratory for brachytherapy sources in Spain. As a result, various activities have been carried out in other CIEMAT facilities to lay the foundations for the future laboratory. For calibrations of the therapy ionisation chambers in the energy of ^{192}Ir (most common brachytherapy source in Spain at this time), it is essential to first establish the qualities of X-rays and ^{137}Cs for therapy applications. This has also been done in the CIEMAT LMRI labs [18], which also have a ^{60}Co standard source for the radiotherapy energy beam qualities. There are also different methodologies to calculate the calibration coefficient in the energy of the ^{192}Ir , which the CIEMAT LMRI has analysed and compared with results of the studies made using different therapy detectors and the different approaches available [19].

Convenio de Ginebra y cargas críticas: un ejemplo de política ambiental basada en ciencia

Geneva Convention and Critical Loads: an example of Science-based Environmental Policy

ISAURA RÁBAGO JUAN-ARACIL y ROCÍO ALONSO DEL AMO - Unidad de Modelización y Ecotoxicidad de la Contaminación Atmosférica. División de Contaminación Atmosférica. Departamento de Medio Ambiente. CIEMAT / Atmospheric Pollution Modelling and Ecotoxicity Unit. Air Pollution Division. Environment Department. CIEMAT

La contaminación atmosférica es uno de los principales problemas ambientales de nuestro tiempo que puede llegar a cambiar las condiciones de vida del ser humano y de los ecosistemas en todo el planeta. Por ello, se han creado foros internacionales en donde se discuten políticas ambientales encaminadas a controlar las emisiones de los contaminantes y a proteger los ecosistemas y la salud humana. El propósito fundamental es llevar a cabo actuaciones comunes que vayan más allá de las fronteras políticas, pues en muchos casos las emisiones de contaminantes afectan a ecosistemas lejanos al foco de emisión. Con estos objetivos nació el Convenio sobre Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Gran Distancia¹, o Convenio de Ginebra, de la Comisión Económica para Europa de Naciones Unidas (CEPE/ONU).

En el CIEMAT se comenzó a trabajar en el marco del Convenio de Ginebra en 1993, cuando desde el Ministerio de Industria y Energía llegaron los mapas europeos de cargas críticas² de acidez en base a los cuales se tenía que negociar el Protocolo de Oslo sobre “reducciones adicionales de las emisiones de dióxidos de azufre” con el objetivo de prevenir efectos acidificantes en los ecosistemas. Al revisar los mapas, se observó que la sensibilidad o cargas críticas calculadas para España no correspondían a lo esperado de acuerdo a las características ambientales de nuestros ecosistemas, con suelos fundamentalmente básicos con alta capacidad de amortiguación ante la entrada de compuestos acidificantes. Estos inadecuados valores de carga condicionaban, además, que se limitara el margen de maniobra en la negociación de la reducción de las emisiones nacionales.

El Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT promovió el desarrollo de un proyecto de investigación que abordara a nivel nacional, no

Air pollution is one of the leading environmental problems of our times that could eventually change the living conditions of human beings and the ecosystems on the whole planet. Therefore, international forums have been created to discuss environmental policies aimed at the control of pollutant emissions and the protection of ecosystems and human health. The fundamental purpose is to take common actions that go beyond political borders, since in many cases the emissions of pollutants affect ecosystems far from the emission source. These were the objectives leading to the creation of the Geneva Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution¹, of the Economic Commission for Europe-United Nations (UNECE).

The CIEMAT began to work in the framework of the Geneva Convention in 1993, when the European critical load maps² for acidity arrived from the Ministry of Industry and Energy. It was on the basis of these maps that the Oslo Protocol on “Further Reduction of Sulphur Emissions” had to be negotiated, in order to prevent acidifying effects on ecosystems. On reviewing the maps, it was observed that the sensitivity or critical loads calculated for Spain were not those expected in accordance with the environmental characteristics of our ecosystems, with fundamentally basic soils with a high buffer capacity against the entry of acidifying compounds. These inadequate load values also meant

¹Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Economic Commission for Europe-United Nations. <http://www.unece.org/env/lrtap>.

²Carga/nivel crítico: depósito/concentración umbral de un contaminante atmosférico por debajo del cual no se producirán efectos dañinos en los receptores sensibles (Working Group on Effects, 2004).

¹Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Economic Commission for Europe-United Nations. <http://www.unece.org/env/lrtap>.

²Critical load/level: threshold deposit/concentration of an atmospheric pollutant under which no damaging effects on the sensitive receptors will occur according to present knowledge (Working Group on Effects, 2004).

solo las cargas críticas de acidez, sino también el conjunto de temas que se trataban en el marco del Convenio de Ginebra para la negociación de los protocolos de control de otros contaminantes, como los compuestos nitrogenados o el ozono. El proyecto inicial, financiado por el sector eléctrico, contó con un amplio grupo multidisciplinar de investigadores del CIEMAT, y participantes de Unesa, Endesa e Iberdrola, en colaboración con el Ministerio de Industria y el Ministerio de Obras Públicas, responsable éste último de la representación española en el Convenio de Ginebra en esa fecha. Desde entonces, se ha seguido trabajando en temas relativos a niveles críticos y cargas críticas de contaminantes, y en la actualidad se continúa con el desarrollo de estas actividades a través de una Encomienda de Gestión entre el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (MARM) y el CIEMAT.

EL CONVENIO DE GINEBRA

El Convenio sobre Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Gran Distancia (<http://www.unece.org/env/lrtap>), comúnmente llamado Convenio de Ginebra, se firmó en 1979 con el objetivo de limitar y, gradualmente, reducir y prevenir la contaminación atmosférica más allá de las fronteras políticas. Durante más de 30 años, el Convenio ha supuesto el marco internacional de negociación para la reducción de emisiones de contaminantes en la región CEPE/ONU. Los 51 países integrantes actualmente del Convenio adquieren el compromiso de desarrollar políticas y estrategias para combatir la contaminación atmosférica de forma común y conjunta, a través de protocolos de control de emisiones específicos para cada contaminante. El funcionamiento del Convenio de Ginebra se basa en la cooperación política, científica, de vigilancia e intercambio de información, constituyendo un ejemplo de los resultados que se pueden obtener mediante la cooperación intergubernamental. Hasta el momento se han firmado protocolos para el control de las emisiones de óxidos de azufre, compuestos de nitrógeno, precursores del ozono, metales pesados y contaminantes orgánicos persistentes. España ratificó el Convenio de Ginebra en 1982 y, a través del MARM, participa activamente en las actividades de sus grupos de trabajo, bien directamente desde el ministerio, o mediante la colaboración con diferentes universidades y organismos de investigación, como el CIEMAT. Como país participante del Convenio, España también ha firmado los protocolos de control de la contaminación atmosférica, que además han sido recogidos en sucesivas directivas de calidad del aire de la Unión Europea (UE) como miembro firmante del Convenio.

El Convenio de Ginebra es el único convenio internacional que en su estructura incluye foros de negociación de carácter político, técnico y científico (figura 1). Presenta tres grandes grupos de trabajo: el Grupo de Efectos (WGE, *Working Group on Effects*), el Programa de Monitorización EMEP (*European Monitoring and Evaluation Programme*) y el Grupo de Estrategias y Revisión (WGSR, *Working Group on Strategies and Review*), siendo el WGE y programa EMEP los foros de carácter científico. Las actividades de cada grupo se llevan a cabo mediante el establecimiento de distintos foros técnicos, en el

there was little leeway to negotiate the reduction of national emissions.

The CIEMAT Environment Department promoted the development of a nationwide research project to address not only the critical loads of acidity, but also all the issues addressed in the framework of the Geneva Convention for negotiation of the protocols to control other pollutants, e.g. nitrogen compounds and ozone. The original project, funded by the electric power sector, included a large multidisciplinary group of researchers from the CIEMAT and participants from Unesa, Endesa and Iberdrola, and it was executed in collaboration with the Ministry of Industry and the Ministry of Public Works, the latter being responsible for the Spanish representation to the Geneva Convention at that time. Since then, work has continued on issues concerning critical levels and critical loads of pollutants, and the development of these activities continues at present via a Management Contract between the Ministry of the Environment and Rural and Marine Affairs (MARM) and the CIEMAT.

THE GENEVA CONVENTION

The Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (<http://www.unece.org/env/lrtap>), commonly called the Geneva Convention, was signed in 1979 for the purpose of limiting, and gradually reducing and preventing, air pollution beyond political borders. For more than 30 years it has provided the international negotiating framework for reducing air pollutants emissions in the UNECE region. The 51 countries that are currently members of the Convention have acquired the commitment to develop policies and strategies to combat air pollution on a common, joint basis via specific emission control protocols for each pollutant. The Geneva Convention functions on the basis of political and scientific cooperation, monitoring and information exchange, and it is a good example of the results that can be obtained through intergovernmental cooperation. To date protocols have been signed for the control of sulphur oxide emissions, nitrogen compounds, ozone precursors, heavy metals and persistent organic pollutants. Spain ratified the Geneva Convention in 1982 and, through the MARM, it actively takes part in the activities of its working groups, either directly through the ministry or through collaboration with different universities and research bodies such as the CIEMAT. As a party to the convention, Spain has also signed the air pollution control protocols, which have also been included in successive air quality directives of the European Union (EU) as a signatory member of the Convention.

The Geneva Convention is the only international convention whose structure includes negotiating forums of a political, technical and scientific nature (Figure 1). It has three major working groups: the WGE (Working Group on Effects), the EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme)

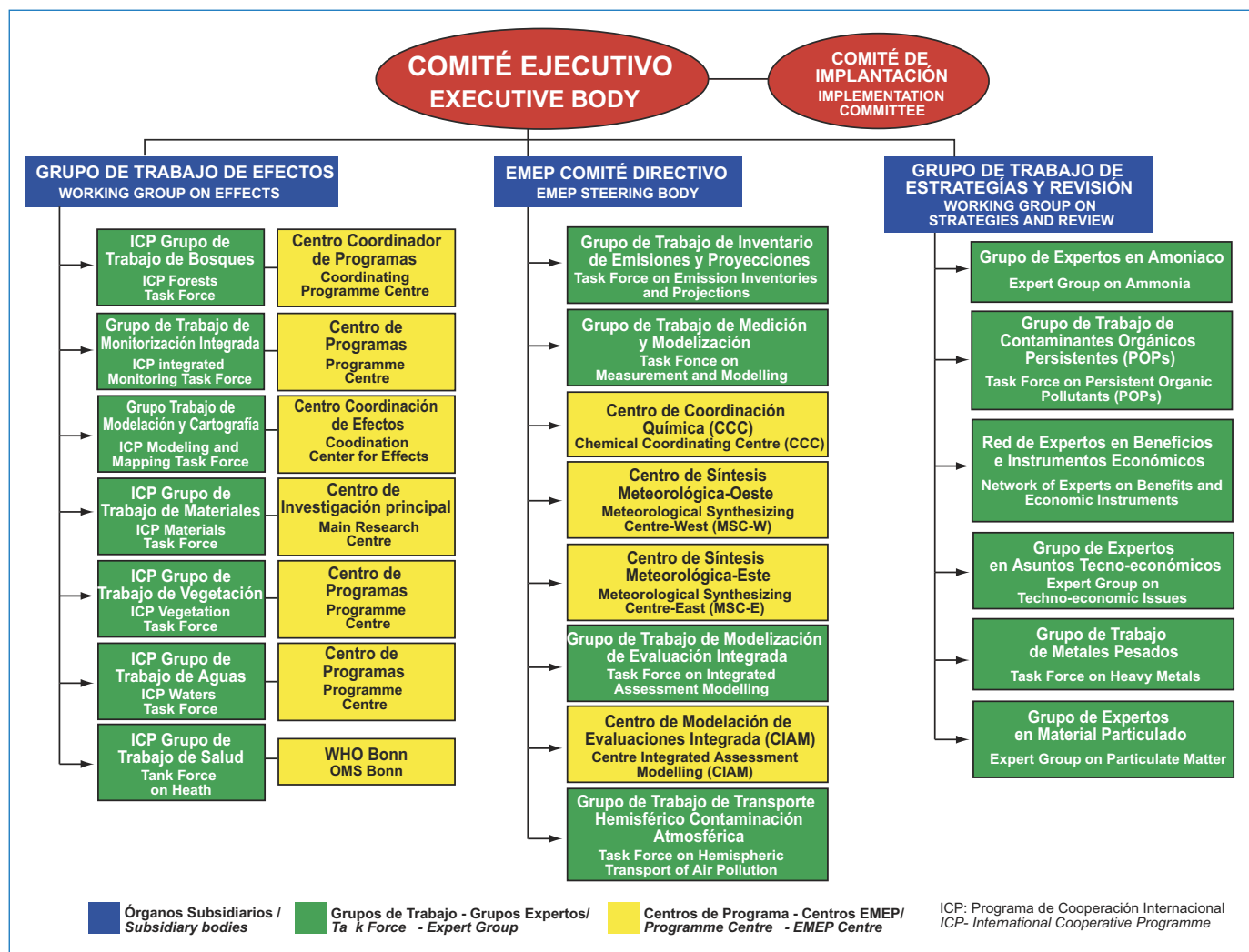


Figura 1: Estructura de los grupos integrantes del Convenio de Ginebra.
Figure 1: Structure of the Geneva Convention member groups.

caso de EMEP y WGSR, o de distintos programas de cooperación internacional (*International Cooperative Programs*, ICP) en el caso del WGE. El CIEMAT, desde la Unidad de Modelización y Ecotoxicidad de la Contaminación Atmosférica, participa de manera activa representando a España en los *Task Forces de EMEP* (desde el grupo de Modelización Atmosférica) y en los grupos del WGE (desde el grupo de Ecotoxicidad); formando parte de la vicepresidencia del WGE y contribuyendo con las actividades de ecotoxicidad en los foros científicos del *ICP-Vegetation* e *ICP-Modelling & Mapping*. Además, desde 2010 y con motivo de la Presidencia Española de la UE, se integra en el grupo de asistencia técnica al MARM en el WGSR y en el Cuerpo Ejecutivo.

Los primeros protocolos negociados y adoptados en el Convenio de Ginebra para el control de los contaminantes, se basaron en una reducción porcentual y uniforme de las emisiones de los países firmantes. A partir de 1994, con el Protocolo de Oslo sobre reducciones adicionales de las emisiones de dióxido de azufre, los protocolos pasan a negociarse en base a prevenir los efectos adversos de

and the WGSR (Working Group on Strategies and Review). The WGE and the EMEP are the scientific forums. The activities of each group are carried out by setting up different technical task forces, in the case of EMEP and WGSR, or different International Cooperative Programs (ICP) in the case of the WGE. The CIEMAT Air Pollution Modelling and Ecotoxicity Unit actively participates and represents Spain in the EMEP Task Forces (through the Atmospheric Modelling group) and in the WGE groups (through the Ecotoxicity group); it holds a seat on the WGE vice-presidency and contributes with ecotoxicity activities to the scientific forums of the ICP-Vegetation and ICP-Modelling & Mapping. In addition, since 2010 and on occasion of the Spanish Presidency of the EU, it has been a member of the technical assistance group to the MARM for the WGRS and the Executive Body.

The first protocols negotiated and adopted in the Geneva Convention for pollutant control were based on a uniform percent reduction of the emissions of the signatory countries.

los contaminantes, de tal forma que las tasas de reducción de emisiones se estiman con el objetivo de disminuir las zonas en donde se superan los niveles permisibles o críticos de tales contaminantes. Desde entonces algunos protocolos se han desarrollado utilizando la metodología normalizada denominada cargas y niveles críticos. Los valores de cargas/niveles críticos se establecen y estiman de forma específica para cada contaminante y receptor, y la metodología aplicada para su determinación se revisa de forma continua con el fin de ir incorporando los últimos avances científicos. Los valores críticos para los diferentes contaminantes se consensúan entre los grupos científicos y técnicos del Convenio, y son la base sobre la que se definen los protocolos que posteriormente son reflejados en las directivas europeas de calidad del aire.

ACTIVIDADES EN EL MARCO DEL CONVENIO DE GINEBRA-WGE

El grupo de Ecotoxicidad de la División de Contaminación Atmosférica, posee más de 20 años de experiencia en el estudio de los efectos de la contaminación sobre los ecosistemas vegetales. Parte de los resultados de las actividades realizadas por el grupo tienen aplicación directa a cuestiones de marcado carácter prelegislativo, ya que se orientan fundamentalmente hacia la determinación de los umbrales de daño de los contaminantes atmosféricos para la vegetación mediterránea, teniendo en cuenta tanto su efecto directo vía atmosférica (niveles críticos), como sus efectos indirectos vía edáfica (cargas críticas). Así, los resultados obtenidos en relación con los niveles críticos de ozono han sido incorporados en las sucesivas revisiones que se realizan del Manual sobre Niveles y Cargas Críticas³ que, en el marco del Convenio de Ginebra, establece la metodología para la determinación y modelización de las cargas y niveles críticos. El grupo de Ecotoxicidad trabaja en dos líneas relacionadas con el Convenio de Ginebra: (i) la investigación de los efectos del nitrógeno y del ozono sobre la vegetación y sus niveles críticos; y (ii) la definición y aplicación de las metodologías de cálculo de cargas críticas de acidez, nitrógeno y metales pesados en ecosistemas mediterráneos.

Los primeros trabajos realizados por el CIEMAT en relación al Convenio de Ginebra fueron la actualización de las bases de datos y la revisión de los modelos de cálculo aplicados por el Convenio para estimar las cargas críticas acidez. Este trabajo, que tuvo su máximo desarrollo con los protocolos de azufre, permitió estimar las cargas críticas de acidez para los ecosistemas españoles (Rivero et al., 1996, Posch et al., 1997). Los valores de cargas críticas calculados fueron los empleados en las negociaciones del Protocolo de Gotemburgo⁴ (1999) para la reducción de la acidificación, eutrofización y ozono troposférico.

³Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends. http://www.rivm.nl/thema/images/mapman-2004_tcm61-48383.pdf

⁴The 1999 Gothenburg Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone.

Since 1994, with the Oslo Protocol on Further Reduction of Sulphur Emissions, the protocols have been negotiated on the basis of preventing the adverse effects of pollutants, i.e., the emission reduction rates are estimated for the purpose of decreasing the number of areas where the permissible or critical levels of these pollutants are exceeded. Since then, some protocols have been developed using the standardized methodology of so-called critical loads and levels. The critical load/level values are specifically established and estimated for each pollutant and receptor, and the method used to determine them is continuously revised in order to incorporate the latest scientific advances. The critical values for the different pollutants are agreed on by consensus between the Convention scientific and technical groups, and these are the grounds on which the protocols subsequently reflected in European air quality directives are defined.

ACTIVITIES IN THE FRAMEWORK OF THE GENEVA CONVENTION-WGE

The Air Pollution Division's Ecotoxicity group has more than 20 years of experience in studying the effects of pollution on plant ecosystems. Some of the results of the activities carried out by the group are directly applicable to issues of a markedly pre-legislative nature, as they essentially focus on the determination of air pollutants thresholds to avoid damage to Mediterranean vegetation, considering both their direct effect via air (critical levels) and their indirect effects via soil (critical loads). For instance, the results obtained in relation to the ozone critical levels have been included in the successive revisions of the Manual on Critical Levels and Loads³ which, in the framework of the Geneva Convention, is issued for the determination and modelling of critical loads and levels. The Ecotoxicity group works in two fields related to the Geneva Convention: (i) research on the effects of nitrogen and ozone on vegetation and their critical levels, and (ii) definition and application of the computing methodologies for critical loads of acidity, nitrogen and heavy metals in Mediterranean ecosystems.

The early work the CIEMAT did for the Geneva Convention was to update the databases and revise the computing models applied by the Convention to estimate the critical loads of acidity. This work, which reached its peak with the sulphur protocols, served to estimate the critical loads of acidity for Spanish ecosystems (Rivero et al., 1996, Posch et al., 1997). The calculated critical loads were used in the negotiations of the Gothenburg Protocol⁴ (1999) to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone.

³ Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends: http://www.rivm.nl/thema/images/mapman-2004_tcm61-48383.pdf

⁴The 1999 Gothenburg Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone.



Figura 2: Campo experimental de Cámaras de Techo Descubierta, ubicado en la finca de experimentación agraria La Higuera, gracias a un acuerdo de colaboración entre CSIC-CIEMAT.
Figure 2: Experimental Open-Top Chamber field located at the experimental agricultural farm La Higuera, thanks to a collaboration agreement between CSIC-CIEMAT.

Las actividades sobre cargas críticas de metales pesados, realizadas en colaboración con la Universidad Complutense de Madrid, han estado orientadas a analizar la respuesta de los suelos mediterráneos ante la contaminación por Pb y Cd. Los resultados evidencian la existencia de un comportamiento diferencial en función de las características edáficas, que debería verse reflejado en los valores que los modelos de cargas críticas de Pb y de Cd asignan a los suelos españoles (Rábago, 2010). El trabajo realizado ha permitido cuestionar y discutir la aplicación del criterio de cargas críticas en la revisión que se está llevando a cabo del Protocolo de Aarhus sobre metales pesados (1998).

NIVELES CRÍTICOS DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

La principal línea de investigación que desarrolla el grupo de Ecotoxicidad es el estudio de los efectos del ozono y compuestos nitrogenados en la vegetación, con el fin de disponer de una base científica para el establecimiento de los niveles críticos que permitan la protección de los ecosistemas. Para realizar estos estudios, el CIEMAT cuenta con un campo experimental de Cámaras de Techo Descubierta que permite desarrollar experimentos en condiciones denominadas semi-naturales o semi-controladas, cercanas a la situación natural en campo (figura 2). Se trata de un sistema experimental diseñado específicamente para el estudio de los efectos de los contaminantes atmosféricos en la vegetación, que permite crecer las plantas expuestas a distintas concentraciones de contaminantes y analizar los efectos que se producen tanto a nivel bioquímico y fisiológico (sistemas antioxidantes, pigmentos fotosintéticos, intercambio de gases), como a nivel de organismo (efectos sobre el crecimiento, la producción y calidad de fruto o el desarrollo de síntomas foliares) y a nivel de ecosistema, caracterizando los efectos sobre la diversidad y estructura de una comunidad experimental o sobre sus ciclos de nutrientes, considerando de forma conjunta todo el sistema atmósfera-planta-suelo.

Este tipo de estudios permite relacionar la exposición a un contaminante y los efectos observados, y definir las funciones exposición-

The activities in the area of critical loads of heavy metals, carried out in collaboration with the Complutense University of Madrid, have focused on analyzing the response of Mediterranean soils to Pb and Cd pollution. The results prove the existence of a differential behaviour depending on the edaphic characteristics, which should be reflected in the values that the Pb and Cd critical load models assign to Spanish soils (Rábago, 2010). This work has provided the basis for questioning and discussing the application of the critical load criterion to the revision currently under way of the Aarhus Protocol on Heavy Metals (1998).

CRITICAL LEVELS OF AIR POLLUTANTS

The main line of research conducted by the Ecotoxicity group is the study of the effects of ozone and nitrogen compounds on vegetation, in order to develop a scientific base to establish the critical levels for ecosystem protection. To perform these studies, the CIEMAT has an experimental field of Open-Top Chambers to conduct experiments under so-called semi-natural or semi-controlled conditions, approaching those of a natural field situation (figure 2). This is an experimental system specifically designed to study the effects of atmospheric pollutants on vegetation where plants are grown and exposed to different concentrations of pollutants, in order to analyse the resulting effects at the biochemical and physiological levels (antioxidant systems, photosynthetic pigments, gas exchange), as well as the organism level (effects on growth, production and quality of fruit or development of foliar symptoms) and ecosystem level. The effects on the diversity and structure of an experimental community or on its cycles of nutrients are characterized jointly considering the atmosphere-plant-soil system as a whole.

This type of study makes possible to relate exposure to a pollutant, to the observed effects, and to define the exposure-response functions that are the grounds for the definition of the damage thresholds (critical levels) for a certain pollutant. The

respuesta que son la base para la definición de los umbrales de daño (niveles críticos) para un determinado contaminante. Las funciones exposición-respuesta representan de forma matemática la relación entre la concentración de un contaminante y el efecto relativo que causa en algún parámetro biológico de interés, generalmente la producción en el caso de los cultivos, y la tasa de crecimiento en la vegetación natural.

En los últimos años, se ha comprobado que los efectos observados en la vegetación están más relacionados con la dosis real de contaminante absorbida por las plantas a través de los estomas, que con la concentración detectada en la atmósfera. Por esta razón, recientemente se han propuesto unos nuevos niveles críticos de ozono basados en flujos de absorción denominados POD (*Phytotoxic ozone dose*, UNECE, 2010). Para establecer estos niveles críticos es necesario, no sólo conocer las concentraciones de contaminante que se encuentran en la atmósfera, sino también las tasas de intercambio gaseoso que presentan las plantas y sus variaciones dependiendo de los cambios fenológicos y de las condiciones ambientales. Esta aproximación, que requiere combinar estudios experimentales con estudios de campo, permite incluir en el análisis la modulación de la respuesta al ozono debida a numerosos factores de estrés comunes en el área mediterránea como la sequía o las altas temperaturas.

El Grupo de Ecotoxicidad ha contribuido a la definición de los niveles críticos de ozono para la vegetación mediterránea, considerando los tres grupos principales de vegetación que distingue el Convenio: cultivos, vegetación seminatural (principalmente pastizales) y bosques, desarrollando las dos aproximaciones actualmente en vigor, la basada en concentración en aire del contaminante y la basada en los flujos del contaminante absorbidos por la planta (POD).

En el caso de los cultivos agrícolas, se han realizado estudios a nivel experimental empleando cámaras de techo descubiertas con diferentes especies hortícolas mediterráneas: sandía, judía, lechuga y tomate, (Gimeno et al. 1999; Mills *et al.*, 2007). Los resultados obtenidos forman parte de las bases de datos que sustentan los actuales niveles críticos recomendados por el Convenio para la protección de los cultivos hortícolas frente al ozono (UNECE, 2010). Además, estos estudios han permitido ajustar los modelos para el cálculo de los flujos de absorción de ozono en cultivos mediterráneos, adecuando sus parámetros a las especies y condiciones del sur de Europa. Este ajuste permite mejorar en gran medida los mapas de riesgo que se generan desde el Convenio a escala europea, ya que la aplicación de parámetros obtenidos en cultivos de centro-Europa a la totalidad del área CEPE/ONU puede generar importantes errores en la estimación del riesgo.

En el caso de los bosques, a pesar del intenso esfuerzo de cooperación internacional, la definición de los niveles críticos de ozono se ha realizado con una base de datos limitada. El Convenio ha reconocido la necesidad de generar una información más completa sobre los factores, tanto ambientales, como propios de la fisiología

exposure-response functions represent mathematically the relationship between the concentration of a pollutant and the induced relative effect observed on a biological parameter of interest, generally production in the case of crops and growth rate in natural vegetation.

In recent years, it has been seen that the effects observed on vegetation are more related to the actual dose of pollutant absorbed by the plants through the stomata than to the concentration detected in the atmosphere. For this reason, some new critical levels of ozone have recently been proposed based on ozone uptake fluxes called POD (*Phytotoxic ozone dose*, UNECE, 2010). To establish these critical levels, not only do the concentrations of pollutant in the atmosphere need to be known, but also the rates of gaseous exchange of the plants and their variations depending on the phenological changes and the ambient conditions. With this approach, which requires that experimental studies be combined with field studies, the modulation of the response to the ozone due to numerous common factors of stress in the Mediterranean region, e.g. drought or high temperatures, can be included in the analysis.



Figura 3: Equipos de medida de intercambio gaseoso a escala foliar y de dosel.
Figure 3: Gaseous exchange measurement equipment at foliar and canopy scale.

³Medida del intercambio gaseoso que se produce a través de los estomas de la hoja.

de las plantas, que afectan a la absorción del ozono y a la respuesta de las distintas especies forestales. Esta escasez de información es particularmente importante en lo referente a la vegetación mediterránea. El grupo de Ecotoxicidad ha realizado estudios experimentales con plantones de diferentes especies (pino carrasco, encina, coscoja, algarrobo, olivo) para investigar la influencia de la fenología y de los factores ambientales en el desarrollo de los daños provocados por el ozono en el crecimiento, producción de biomasa, intercambio gaseoso, pigmentos y sistemas antioxidantes de estas especies. Los resultados indican que el ozono altera el crecimiento y la fisiología de estas especies a largo plazo, disminuyendo en algunos casos su capacidad de respuesta frente a la sequía o la alta radiación. Las bases de datos generadas a partir de estos estudios han permitido sugerir algunos cambios para el establecimiento de los niveles críticos de ozono para especies forestales mediterráneas, como es la ampliación del periodo de actividad vegetal a la totalidad del año, en lugar de los seis meses establecidos para los bosques centroeuropeos, ya que las especies perennifolias mediterráneas pueden presentar actividad fisiológica durante todos los meses del año si las condiciones meteorológicas son favorables. Los estudios realizados han servido además para ajustar el modelo de conductancia estomática⁵ utilizado por el Convenio de Ginebra permitiendo el cálculo de los flujos de absorción de ozono y el desarrollo de funciones respuesta (Elvira *et al.*, 2007; Alonso *et al.*, 2008). Actualmente se está realizando una revisión de toda la información disponible con el fin de proponer unos niveles críticos de ozono adecuados para la protección de los bosques mediterráneos.

La diversidad y complejidad de las comunidades herbáceas europeas, es en parte responsable de que exista muy poca información disponible sobre su sensibilidad a la contaminación atmosférica, a pesar de su importancia económica, ecológica y su extensión en el paisaje del continente europeo. El grupo de Ecotoxicidad viene desarrollando una importante línea de estudio centrada en el análisis de la sensibilidad de los pastos mediterráneos, especialmente los pastizales anuales que se desarrollan en las dehesas y los pastos perennes de la alta montaña mediterránea (figura 3).

Los estudios experimentales han permitido detectar que las especies de leguminosas anuales presentan una gran sensibilidad al ozono, tanto en el desarrollo de síntomas visibles, como en las reducciones de crecimiento, producción de semillas y calidad nutritiva, en contraste con las especies de gramíneas que muestran una mayor tolerancia a este contaminante (Bermejo *et al.*, 2003). Estas diferencias en la respuesta al ozono entre las dos familias principales que componen los pastizales anuales (figura 4), pueden ser responsables de alteraciones en la estructura y composición de este tipo de comunidades, afectando a la biodiversidad y reduciendo su calidad nutritiva para uso ganadero. Los estudios en campo de seguimiento de la producción y la fenología de los pastizales anuales en relación con los parámetros meteorológicos han permitido el desarrollo de un modelo específico para la cuantificación del flujo de ozono absorbido por este tipo de vegetación (González-Fernández *et al.*, 2010). Además, se ha observado que una mayor presencia de nitrógeno puede modular los efectos provocados por

The Ecotoxicity Group has contributed to the definition of the critical levels of ozone for Mediterranean vegetation, considering the three main groups of vegetation distinguished by the Convention: crops, semi-natural vegetation (primarily pastures) and forests, and developing the two currently accepted approaches, the one based on air concentration of the pollutant and the one based on the plant's pollutant uptake fluxes (POD).

In the case of agricultural crops, experimental studies have been carried out using open-top chambers with different Mediterranean horticultural species: watermelon, beans, lettuce and tomato (Gimeno *et al.* 1999; Mills *et al.*, 2007). The obtained results are part of the databases that support the current critical levels recommended by the Convention for the protection of horticultural crops against ozone (UNECE, 2010). In addition, these studies have enabled the adjustment of the models for calculation of the ozone uptake fluxes in Mediterranean crops, adapting their parameters to the species and conditions of southern Europe. This adjustment considerably improves the European-scale risk maps produced by the Convention, since the application of parameters obtained in central European crops to the whole of the UNECE region can result in major errors in the risk estimation.

In the case of forests, in spite of the intense international cooperation effort, the ozone critical levels have been defined with a limited database. The Convention has recognized the need to generate more complete information on the environmental factors, and also the factors of the plant's own physiology, that affect ozone uptake and the response of the different forest species. This shortage of information is particularly important for Mediterranean vegetation. The Ecotoxicity Group has performed experimental studies with seedlings of different species (Aleppo pine, Holm oak, Kermes oak, carob tree, olive tree) to determine the influence of the phenology and the environmental factors on the evolution of damages caused by ozone on the growth, biomass production, gaseous exchange, pigments and antioxidant systems of these species. The results indicate that ozone alters the growth and physiology of these species in the long run and in some cases diminishes their ability to respond to drought or high irradiation. The databases resulting from these studies suggested some changes in the establishment of the ozone critical levels for Mediterranean forest species, such as the extension of plant activity period to one full year instead of the 6 months established for central European forests, since Mediterranean evergreen species can present physiological activity throughout of the year if meteorological conditions are favourable. The studies

⁵ Measurement of the gaseous exchange that occurs through the leaf stomata.

el ozono en los parámetros reproductivos de algunas especies anuales (Sanz *et al.*, 2011).

Recientemente el Convenio de Ginebra ha reconocido que el nitrógeno es uno de los elementos cuyo ciclo global se ha visto más alterado en el último siglo debido al uso de combustibles fósiles y a la síntesis de fertilizantes para su aplicación en la agricultura. Por esta razón, se ha constituido dentro del Convenio un nuevo grupo de trabajo (*Task Force on Reactive Nitrogen*) centrado en establecer políticas de control de los compuestos derivados del nitrógeno. Desde el Convenio, se ha detectado que existen problemas metodológicos en la definición de las cargas críticas de nitrógeno para los ecosistemas naturales, al apreciarse notables discrepancias entre los umbrales de daño establecidos a partir de observaciones de campo (cargas críticas empíricas), frente a los resultados obtenidos a partir del modelo estacionario aplicado por el Convenio. El grupo de Ecotoxicidad tiene en marcha varios proyectos de investigación, en colaboración con grupos nacionales e internacionales, para el estudio de los efectos de los aportes de nitrógeno en encinares y pastizales, considerando el ciclado integral del contaminante (atmósfera-planta-suelo). Asimismo, se aplicarán los modelos biogeoquímicos comúnmente utilizados en el Convenio para el cálculo de las cargas críticas de nitrógeno con el fin de determinar el estado de protección de estos ecosistemas, adecuando su parametrización al funcionamiento de los ecosistemas mediterráneos.

La investigación desarrollada en el CIEMAT por la División de Contaminación Atmosférica ha generado unos resultados que, en parte, han revertido en crear unas bases de conocimientos adecuadas para apoyar la toma de decisiones en las negociaciones para el control de emisiones de contaminantes. Los protocolos y normativas que se establecen para la reducción de la contaminación atmosférica en el marco del Convenio de Ginebra, se encuentran en un proceso de continua revisión y se basan en el conocimiento científico y tecnológico disponible hasta ese momento. Es imprescindible que se siga potenciando la investigación que permita establecer las dimensiones del problema de la contaminación atmosférica,

have also served to adjust the stomatal conductance model⁵ used by the Geneva Convention, thus enabling the calculation of ozone uptake fluxes and the development of response functions (Elvira *et al.*, 2007; Alonso *et al.*, 2008). All the available information is currently being reviewed in order to propose adequate ozone critical levels for the protection of Mediterranean forests.

The diversity and complexity of the European herbaceous communities is in part responsible for the scarcity of information on their sensitivity to air pollution, in spite of their economic and ecological importance and the extent of their presence in the landscape of the European continent. The Ecotoxicity Group has been developing an important line of study focusing on a sensitivity analysis of Mediterranean grasslands, especially the annual pastures found in the dehesas and the perennial grasslands of the Mediterranean highlands (Figure 3).

The experimental studies have shown that annual legume species are very sensitive to ozone, both in terms of visible symptoms development and reductions of growth, seed production and nutritive quality, as opposed to grass species which show a greater tolerance to this pollutant (Bermejo *et al.*, 2003). These differences in the response to ozone between the two main families of annual pastures (figure 4) may be responsible for alterations in the structure and composition of this type of community, which would affect the biodiversity and reduce their nutritive quality for livestock use. The field studies to track the

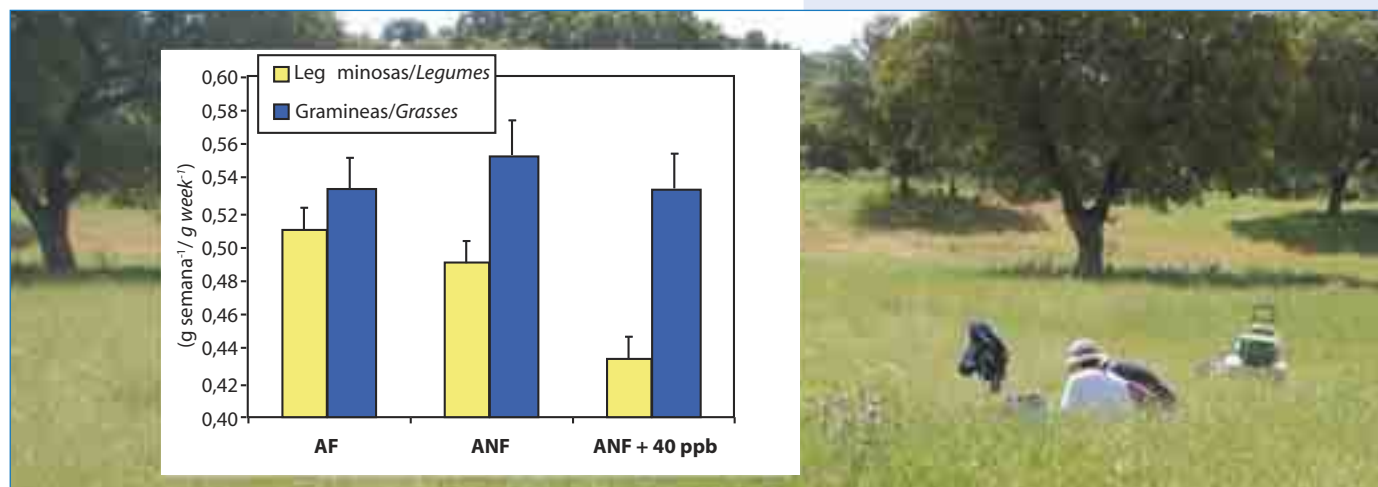


Figura 4: Efecto del ozono en las plantas herbáceas anuales: tasa de crecimiento medio de leguminosas y gramíneas anuales de los pastizales del centro peninsular expuestas a concentraciones de ozono inferiores al ambiente (AF), ambientales (ANF) y 40 ppb por encima del ambiente (ANF+40 ppb). Adaptada de Gimeno *et al.* (2004). Puede observarse como el incremento de ozono reduce la producción de biomasa de las leguminosas pero no afecta significativamente a las gramíneas.

Figure 4: Effect of ozone on annual herbaceous plants: average growth rate of annual grasses and legumes of central peninsular pastures exposed to ozone concentrations less than the ambient (AF), at ambient (ANF) and 40 ppb above ambient (ANF+40 ppb). Adapted by Gimeno *et al.* (2004). It can be seen that the increased ozone reduces the biomass production of the legumes but does not significantly affect the grasses.

Política medioambiental • Environmental Policy

la cuantificación de los efectos tanto en la salud humana como en el medio ambiente y la optimización de las estrategias de gestión medioambiental. De este modo, la colaboración entre ciencia y política asegurará la eficiencia y la efectividad de las medidas que se establezcan para el control de las emisiones y la prevención de efectos.

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY

- Alonso, R., Elvira, S., Sanz, M.J., Gerosa, G., Emberson, L.D., Bermejo, V., Gimeno, B.S. (2008). Sensitivity analysis of a parameterization of the stomatal component of the DO3SE model for *Quercus ilex* to estimate ozone fluxes. *Environmental Pollution* 155, 473-480.
- Bermejo, V., Gimeno, B.S., Sanz, J., de la Torre, D., Gil, J.M. (2003). Assessment of the ozone sensitivity of 22 native plant species from Mediterranean annual pastures based on visible injury. *Atmospheric Environment* 37, 4667-4677.
- Elvira, S., Alonso, R., Gimeno, B.S. (2007). Simulation of stomatal conductance for Aleppo pine to estimate its ozone uptake. *Environmental Pollution* 146 (3), 617-623.
- Gimeno, B.S., Bermejo, V., Reinert, R.A., Zheng, Y., Barnes, J.D. (1999). Adverse effects of ambient ozone on watermelon yield and physiology at a rural site in Eastern Spain. *New Phytologist* 144 (2), 245-260.
- González-Fernández, I., Bermejo, V., Elvira, S., Gimeno, B.S., Alonso, R. (2010). Modelling annual pasture dynamics: Application to stomatal ozone deposition. *Atmospheric Environment* 44, 2507-2517.
- Mills, G., Buse, A., Gimeno, B.S., Bermejo, V., Holland, M., Emberson, L., Pleijel, H. (2007). A synthesis of AOT40-based response functions and critical levels of ozone for agricultural and horticultural crops. *Atmospheric Environment* 41, 2630-2643.
- Posch, M., Hettelingh, J-P., de Smet, P., Downing, R.J. (1997) Calculation and Mapping of Critical Thresholds in Europe. RIVM, Bilthoven, The Netherlands.
- Rábago, I. (2010). Capacidad de amortiguación de la contaminación por plomo y por cadmio en suelos de la Comunidad de Madrid. Tesis Doctoral. UCM
- Rivero, C., Rábago, I., Sousa, M., Lorente, M., Schmid, T. (1996) Cálculo y cartografía de cargas críticas para España. Colección Documentos CIEMAT. 108pp.
- Sanz, J., Bermejo, V., Muntifering, R., González-Fernández, I., Gimeno, B.S., Elvira, S., Alonso, R. (2011) Plant phenology, growth and nutritive quality of *Briza maxima*: responses induced by enhanced ozone atmospheric levels and nitrogen enrichment. *Environmental Pollution* 159, 423-430.
- UNECE (2010). Manual in Methodologies and Criteria for Modelling and Mapping Critical Loads and Levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends (Mapping Manual). ICPVegetation. Co-ordination Centre, UK. Disponible en: <http://www.icpmapping.org>
- Working Group on Effects. (2004). Review and assessment of air pollution effects and their recorded trends. Working Group on Effects, Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. National Environment Research Council, United Kingdom. 56pp.

production and phenology of annual pastures in relation to meteorological parameters have enabled the development of a specific model for quantification of the ozone flux absorbed by this type of vegetation (González-Fernández et al., 2010). Moreover, it has been observed that a greater presence of nitrogen can modulate the effects caused by ozone on the reproductive parameters of some annual species (Sanz et al., 2011).

Recently, the Geneva Convention has recognized that nitrogen is one of the elements whose global cycle has been altered the most over the last century because of the use of fossil fuels and the synthesis of fertilizers for agriculture. For this reason, a new working group (Task Force on Reactive Nitrogen) has been set up in the Convention to focus on the implementation of policies to control nitrogen compounds. The Convention has detected methodological problems in the definition of the nitrogen critical loads for natural ecosystems, as significant discrepancies have been found between the damage thresholds established on the basis of field observations (empirical critical loads) versus the results obtained from the stationary model applied by the Convention. The Ecotoxicity Group has several research projects under way, in collaboration with national and international groups, to study the effects of nitrogen concentrations in Holm oak stands and pastures, considering the integral cycling of the pollutant (atmosphere-plant-soil). In addition, the biogeochemical models commonly used in the Convention will be applied to calculate the nitrogen critical loads for the protection of these ecosystems and to adapt their parameterization to the functioning of Mediterranean ecosystems.

The research conducted in the CIEMAT by the Air Pollution Division has generated some results which in part have served to create suitable knowledge bases to support decision making in the negotiations for the control of pollutant emissions. The protocols and standards put in place for the reduction of air pollution in the framework of the Geneva Convention are in a process of continuous revision and are based on the scientific and technological knowledge available at any given time. It is essential to continue fostering the research that will enable determination of the dimensions of air pollution problems, the quantification of the effects on both human health and the environment, and the optimization of environmental management strategies. In this way, the collaboration between science and policy will ensure the efficiency and effectiveness of the measures taken to control emissions and prevent their effects.

Recientes progresos en la **tecnología de dispositivos fotovoltaicos** de silicio en lámina delgada en el CIEMAT

Recent progress in thin-film-silicon **photovoltaic devices** at CIEMAT

J. JAVIER GANDÍA Y JULIO CÁRABE - Unidad de Energía Solar Fotovoltaica. División de Energías Renovables. Departamento de Energía - CIEMAT / Photovoltaic Unit Renewable-Energy Division. Department of Energy. CIEMAT.

La energía solar fotovoltaica se ha desarrollado en los últimos 50 años sobre la base de la coexistencia de dos vías tecnológicas fundamentales: la de silicio en oblea, que domina el mercado, y la de lámina delgada, que representa una parte importante de las opciones de futuro de esta forma de conversión de energía. Más recientemente han tomado cuerpo ideas nuevas, como la fotovoltaica de concentración, las células de colorante, las células orgánicas, las células de heterounión de silicio y los dispositivos de silicio cristalino delgado entre otras. Más del 90% de todas esas tecnologías fotovoltaicas están basadas en el uso de unas u otras formas del elemento más abundante sobre la corteza terrestre: el silicio.

El CIEMAT, consciente del papel relevante que deben jugar las energías renovables y la energía solar fotovoltaica en particular para la búsqueda de soluciones al problema energético y medioambiental, tiene varias líneas de acción en esta disciplina. Entre ellas está la que desarrolla el laboratorio de Dispositivos de Silicio Depositado (DSD), dedicado enteramente a adquirir con medios propios la tecnología necesaria para la fabricación de dispositivos fotovoltaicos basados en silicio en lámina delgada, de forma que se disponga de una base para dar el máximo apoyo a la industria fotovoltaica española en este campo.

Se expone aquí, dentro del contexto de la evolución histórica de la tecnología fotovoltaica en el mundo, los avances en los últimos años del laboratorio de DSD del CIEMAT de acuerdo con una planificación encaminada a desarrollar tecnología del máximo valor estratégico. Dicho esquema de trabajo, apoyado en valiosas colaboraciones, ha llevado al grupo a situarse en una posición de referencia en las áreas de dispositivos p-i-n de silicio en lámina delgada sobre vidrio, células de heterounión de silicio y dispositivos p-i-n sobre sustratos flexibles.

CONTEXTO GENERAL

El mercado fotovoltaico mundial en este momento presenta, a la vez, grandes oportunidades e importantes retos. Por un lado se trata de un ámbito industrial con un crecimiento muy superior al de otros sectores económicos. Por otro, las políticas de subvención al sector fotovoltaico, fundamentalmente las basadas en tarifas de inyección a red, han propiciado la puesta en marcha de un gran número de fabricas de células y módulos en todo el mundo en los últimos tres ó cuatro años. En consecuencia, en este momento hay una fuerte competencia entre fabricantes de dispositivos, asociada a una evolución a la baja del precio del kWh fotovoltaico. A esto se añade una fuerte crisis económica y una globalización del mercado que endurece aún más la competencia, dada la presencia de países suministradores, como China, con costes de personal muy bajos.

En España en particular, en los últimos años se ha producido un fuerte desarrollo tecnológico en el campo de la conversión fotovoltaica de la energía solar basada en dispositivos de silicio, tanto de oblea como de lámina delgada. En este proceso han convergido los esfuerzos investigadores de varias universidades y centros de investigación en estrecha colaboración mutua, con la iniciativa privada, que ha llevado a la implantación de varias fabricas de células y módulos con tecnología importada, en las que, a través de diferentes proyectos, se trata de integrar el conocimiento generado por los mencionados centros de I+D.

Por otro lado, a nivel mundial, el silicio copa aproximadamente el 90 % de la producción total de paneles fotovoltaicos (figura 1). En cuanto a la distribución por tecnologías, hay que notar que, a día de hoy aún, más del 80 % de la producción total corresponde a las células de silicio monocristalino y multicristalino. Esta tecnología,

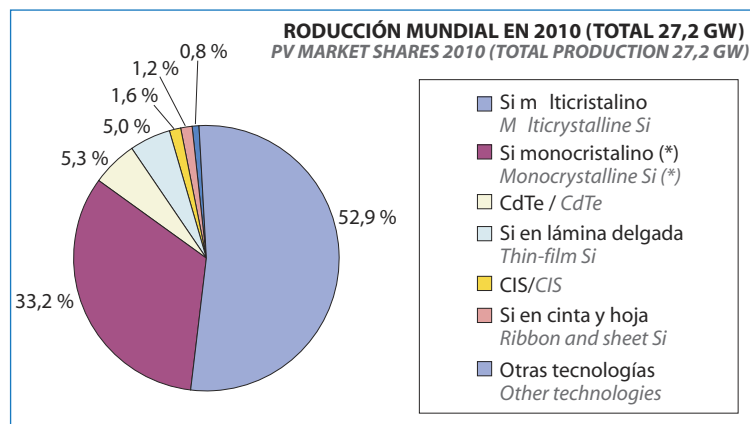


Figura 1: Distribución de la producción mundial de paneles fotovoltaicos en el año 2010. Fuente: Photon Internacional, March 2011. (*) Incluye células HIT.

Figure 1: World market shares of the different photovoltaic technologies in 2010. Source: Photon Internacional, March 2011. (*) Including HIT cells.

cuyos inicios se remontan a principios de los años 70 del pasado siglo, se caracteriza porque una alta proporción de su coste se debe a la propia oblea de silicio de partida. El reto es sustituir la materia prima básica (principalmente silicio multicristalino fundido y silicio monocristalino Czochralski) por un semiconductor más delgado y más económico. Es en este contexto donde la tecnología fotovoltaica de lámina delgada de silicio depositado (TFSi) tiene su aportación.

Es de justicia notar aquí que hay dos caminos divergentes del silicio que representan también opciones viables para superar el problema del alto coste de la oblea. Uno es el desarrollo de la tecnología de concentración a partir de células de alta eficiencia como, por ejemplo, las de triple unión basadas en GaAs y compuestos similares; si bien es sabido que la concentración requiere de seguimiento de precisión, desaprovecha directamente el 20 % de la radiación solar (toda la radiación difusa) y sólo es aplicable a regiones con muy altos valores de Irradiancia Normal Directa (DNI). El otro es una vía alternativa de láminas delgadas de calcogenuros, principalmente CIGS y CdTe. No obstante, frente a estas y otras opciones posibles la tecnología de TFSi reivindica las siguientes ventajas:

- En contraste con las tecnologías basadas en otros elementos: el Si es muy abundante (mejor abastecimiento y menor coste), y no es tóxico (mejor desde el punto de vista medioambiental y de seguridad);
- Frente a la tecnología convencional de silicio mono y multicristalino: el silicio depositado es 10 veces más absorbente que el silicio cristalino (ahorro de material), la unión p-n se fabrica a temperaturas bajas (200°C vs. 800°C - menor presupuesto térmico), los coeficientes de temperatura de las células resultantes son más bajos (50 % más bajos), y en su aplicación para hacer emisores de células de heterounión de silicio (SHJ) también presenta algunas ventajas que se harán notar en el siguiente epígrafe;
- Y, en general, la tecnología TFSi: presenta una gran estabilidad química, es susceptible de ser desarrollada sobre substratos baratos y flexibles (mayor versatilidad), es de fácil depósito en grandes áreas, lo que favorece el abaratamiento en la automatización de procesos, y es extraordinariamente adecuada para la integración arquitectónica, lo que la sitúa en posición óptima para dominar un sector del mercado con enorme potencial.

Para finalizar esta introducción, y por mencionarlo casi todo, habría que señalar que en los últimos años se ha especulado ampliamente respecto de

Solar photovoltaic energy has evolved in the last 50 years on the basis of the co-existence of two fundamental technological paths: that of wafer-based silicon, dominating the market, and that of thin films, representing an important part of the options for the future of this energy-conversion field. More recently new concepts have gained significance, such as concentration photovoltaics (CPV), dye-sensitised solar cells (DSSC), organic cells, silicon-heterojunction (SHJ) cells and thin-crystalline silicon devices among others. Over 90 % of all these PV technologies are based on the use of either of the forms of the most abundant element of the earth crust: silicon. CIEMAT, being aware of the relevant role renewable energies and photovoltaics in particular must play in finding solutions to the energy and environmental problem, has several action lines within this discipline. Among them is the one developed at the laboratory for Deposited-Silicon Devices (DSD), entirely devoted to acquiring by own means the technology required for the fabrication of thin-film-silicon-based PV devices in order to be in conditions to give a maximum support to the Spanish industry in this field. Within the context of the historic evolution of PV technology in the world, this paper describes the progress of the DSD lab in the last years, according to a plan aimed at developing technology of the maximum strategic value. Such a working scheme, supported by valuable collaborations, has led the group to a reference position in the areas of thin-film-silicon p-i-n devices on glass, silicon-heterojunction cells and p-i-n devices on flexible substrates.

OVERALL CONTEXT

The world PV market offers presently great opportunities and also important challenges. On one hand it is an industrial sector growing at a much higher rate than other economic segments. On the other hand the policies in support of the PV sector, basically those based on feed-in tariffs, have favoured the installation of a large number of cell- and module factories all along the world in the last 3 or 4 years. Consequently we find now a strong competition among device makers, associated with a downward evolution of the PV kWh. In addition a strong economic crisis and a market globalisation making competition even harder owing to the presence of supplier countries, such as China, having very low manpower costs.

las posibles ventajas del desarrollo de células solares de banda intermedia (IBSC). Sin embargo, aparte de acaparar una parte importante de la financiación de la UE reservada para la tecnología fotovoltaica comercialmente viable, esta iniciativa no ha producido ningún resultado de significación práctica.

TECNOLOGÍA DE DISPOSITIVOS DE SILICIO EN LÁMINA DELGADA

Desde la tecnología de TFSi se pueden hacer diferentes aproximaciones al problema del elevado coste de la materia prima (la oblea) en la tecnología convencional de silicio cristalino.

En primera instancia se puede optar por evitar por completo la oblea depositando varias capas delgadas de silicio (de tipo p, intrínseco y de tipo n) sobre un sustrato de vidrio (figura 2), lo que da lugar a módulos comerciales, así llamados de tipo p-i-n, cuyas eficiencias alcanzan el 7 % [1] estabilizado, y que se construyen mediante interconexión monolítica de células de acuerdo con el esquema que se presenta en la figura 3. Estos dispositivos, que constan de una única unión pueden alcanzar en laboratorio eficiencias del 10 % [2] para células de 1 cm². Una opción para aumentar la eficiencia en esta tecnología es superponer varias células en serie cuyas respuestas espectrales se vayan desplazando hacia el rojo según la respectiva unión se aleja de la cara frontal del dispositivo. De este modo se puede aprovechar mejor el espectro solar, al estar cada una de las células del tandem adaptada a una parte distinta del mismo. Las diferencias en el gap del absorbente (la capa intrínseca) necesarias para esta adaptación espectral se pueden conseguir bien aleando el silicio con germanio o con otros elementos (X) para producir aleaciones amorfas a-Si:X:H, bien usando silicio micro o nanocristalino ($\mu\text{-Si}$ o nc-Si), cuyo gap puede ser alrededor de 0.5 eV menor que el del silicio amorfo. Entre los dispositivos completamente amorfos, las mejores células de triple unión alcanzan eficiencias cercanas al 10.5 % [2], mientras que los mejores módulos de doble unión se quedan en el 8 % [1]. Y entre las células híbridas $\mu\text{-Si/a-Si}$, o *micromorfos*, los mejores dispositivos de laboratorio de doble y triple unión tienen eficiencias entre el 12 % y el 12.5 % [2], mientras que los módulos comerciales de doble unión $\mu\text{-Si/a-Si}$ se quedan en el 9 % [1]. Un reto importante de esta tecnología es el abaratamiento de costes a través del incremento de la cadencia de producción mediante el aumento del ritmo de crecimiento de la capa intrínseca desde unos pocos Å/s hasta varias decenas.

Entre las características más relevantes de la tecnología fotovoltaica de silicio en lámina delgada, que abarca el 5 % del mercado fotovoltaico, cabe destacar como ya se ha mencionado: un importante potencial para la reducción de costes, la posibilidad de fabricar dispositivos de gran superficie, la estabilidad química de los módulos; los coeficientes de temperatura bajos, un aspecto exterior y una versatilidad en lo relativo al sustrato que los cualifica para la integración en la edificación y la posibilidad de fabricar módulos monolíticos con un proceso altamente automatizado.

La segunda aproximación a la solución del problema del coste de la oblea se encuentra en el desarrollo de una nueva generación de células basadas en un silicio que, siendo multicristalino o policristalino, se fabrique en forma de cintas, hojas o láminas delgadas (que permitan evitar el corte de oblea) y que tenga un coste económico y un rendimiento razonables. El problema de esta idea es que los procesos de difusión térmica, usados para la formación

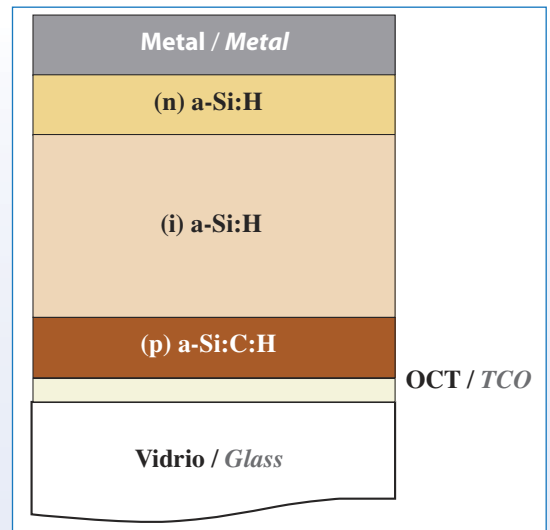


Figura 2: Estructura básica de una célula fotovoltaica de tipo p-i-n, donde tres capas respectivamente p, intrínseca y n de silicio se depositan sobre un óxido conductor transparente (OCT) que hace las veces de contacto frontal. La célula se remata con un contacto posterior metálico.

Figure 2: Basic structure of a p-i-n photovoltaic cell, where three silicon layers (respectively p-type, intrinsic and n-type) are deposited onto a transparent conductive oxide (TCO) playing the role of the front contact. The cell is finished by means of a back metal contact.

In Spain in particular, in the last years silicon-based photovoltaics have undergone a strong development affecting both wafer-based and thin-film devices. This process is the consequence of the converging research efforts of a number of universities and research centres in close mutual collaboration, added to the private initiative having led to the set-up of a number of cell- and module factories based on imported technology. This convergence has been led through different RTD projects which have allowed the integration of the knowledge generated by said R&D centres.

Silicon corresponds to approximately 90 % of the total world production of PV panels (figure 1). Still today mono- and multicrystalline-silicon wafers do have a remarkable 80 % market share. This technology, whose origins go back to the early 1970s, is characterised by the high proportion of cell cost determined by the wafer. Its main challenge is to replace the basic raw material (mainly cast multicrystalline silicon and Czochralski monocrystalline silicon) with a cheaper and thinner semiconductor. It is within this context that thin-film-silicon (TFSi) PV technology can make a more relevant contribution.

It should be noted here that there are other two paths diverging from that of silicon and representing viable alternatives to overcome the limitation imposed by the high wafer cost. One of them is the development of concentration technology from high-efficiency cells such as the triple-junction devices based on GaAs and similar compounds. Concentration, nonetheless, requires high-precision tracking, discards 20 % of sunlight (the whole diffuse component thereof) and is only applicable in regions having very high direct normal irradiance (DNI) values. The other one is that of thin-film chalcogenides, mainly CIGS and CdTe.

Título/Title	Periodo/Period	Presupuesto CIEMAT (euros)/CIEMAT budget (euros)	Financiación/Funding entity	Socios (listas no exhaustivas)/Partners (non exhaustive)
IMS: Integrated Modular System	2005-2006	145.000	EC – FP6	IBE S.L. DLR
NTS: Nuevas Tecnologías fotovoltaicas basadas en Silicio	2005-2007	35.000	Plan Nacional de I+D	Universidad de Barcelona Universidad Politécnica de Cataluña Centro Láser – UPM
ATHLET: Advanced THin-film Technologies for cost-effective photovoltaics	2006-2009	98.000	EC – FP6	Hahn-Meitner-Institut Université de Neuchâtel Schott Solar OC Oerlikon Balzers AG University of Patras
CLÁSICO: CLAVes científicas para el desarrollo de dispositivos fotovoltaicos avanzados de Silicio en lámina delgada COMerciales	2008-2010	109.000	Plan Nacional de I+D	Universidad de Barcelona Universidad Politécnica de Cataluña Centro Láser – UPM
MICROSIL: Diseño e industrialización de módulos fotovoltaicos en silicio de capa fina	2006-2010	1.115.000	MEC-MICINN: Proyecto Singular Estratégico	Universidad de Barcelona Universidad Politécnica de Cataluña CENER Isofotón, S.A. Universidad del País Vasco Mondragon Assembly – Koniker Ecotècnia – Alstom Power Centro Láser – UPM

Tabla I. Relación de proyectos de investigación en los que ha estado involucrado el grupo DSD del CIEMAT en los últimos años.
Table I: List of research projects DSD-CIEMAT has been involved in in the last years.

de la unión p-n en la tecnología convencional, no son adecuados para este tipo de materiales de tan solo unas cuantas decenas de micras de espesor y bastante proclives a degradarse a altas temperaturas. Estos absorbentes hacen necesario además poder definir con precisión la unión (el espesor del emisor) y pasivar bien tanto las fronteras de grano, como las superficies. Entre las varias formas de atacar estas dificultades destaca el desarrollo de células de heterounión de silicio (SHJ).

La tecnología de células SHJ se basa en la posibilidad de formar uniones rectificadoras mediante el depósito de silicio, amorfo o microcristalino, en lámina delgada sobre obleas o cintas de silicio cristalino (monocristalino, policristalino o multicristalino). El sustrato puede ser de tipo *p* o de tipo *n*, y el depósito de silicio en lámina delgada se puede aplicar a una o ambas superficies del mismo. El sólido establecimiento de esta tecnología ha sido confirmado no sólo por la literatura, con eficiencias de célula (de 100 cm²) de hasta 23% [3], sino también por el mercado, al haber conquistado una cuota de aproximadamente el 7 % del negocio FV mundial en unos cuantos años. En la figura 4, se puede ver un ejemplo de una estructura SHJ basada en un sustrato de tipo *n*. El depósito de silicio en lámina delgada aporta de un solo golpe tres ventajas sobre los procesos de difusión, que lo hacen más adecuado para el desarrollo de células a partir de sustratos de silicio baratos como los mencionados en el párrafo anterior, a saber: se trata de procesos a baja temperatura, el espesor del emisor queda definido con una altísima precisión y la pasivación superficial es concomitante. Además las células SHJ han demostrado menores pérdidas de rendimiento en condiciones normales de operación (NOC) que las células convencionales [3]. En razón de la patente de Sanyo, vigente hasta finales de 2010, solo pueden encontrarse actualmente en el mercado módulos SHJ de esta compañía, comercializados bajo la denominación HITTM, con eficiencias en el entorno de 17.5 %. Sin embargo, varias empresas y grupos de investigación europeos disponen de diferentes versiones de células SHJ, aunque todas ellas de doble unión frontal y posterior como las HIT de Sanyo, con eficiencias entre el 15 % y el 20 % [3].

Yet, in comparison to these and other options, TFSi technology claims the following advantages:

- In contrast to technologies based on other elements: Si is very abundant (huge advantages in feedstock and cost) and non-toxic (much better from the point of view of environmental and safety issues);
- With respect to the conventional mono- and multicrystalline-silicon technology: deposited silicon is 10 times more absorbent than crystalline silicon (savings in material), the p-n junction is formed at low temperatures (200°C vs. >800°C – lower thermal budget), cell temperature coefficients are much lower (50 % lower), and when applied to make silicon-heterojunction (SHJ) cells it also shows some advantages highlighted in the next section.
- And, in general, TFSi technology: presents a high chemical stability, can be developed on cheap and even flexible substrates (more versatility), can be easily deposited on large areas favouring cost-effective automatic processing, and is extremely well suited for building-integrated photovoltaics (BIPV), thus being in an optimum position to dominate a market sector having a huge potential.

Finally, and in order to try to be nearly exhaustive, it should be noted that much speculation has been generated in the last years about the potential advantages of the development of intermediate-band solar cells (IBSC). Nevertheless, beside hoarding an important fraction of the EU funds reserved to commercially viable PV technology, this approach has not produced any practical result.

THIN-FILM-SILICON DEVICE TECHNOLOGY

On the basis of TFSi technology different approaches can be deployed in seeking solutions to the high cost of

Finalmente, tal como hemos indicado más arriba, la tecnología de TFSi tiene una aportación relevante que hacer en el ámbito de los dispositivos sobre substratos flexibles, en particular sobre plásticos. El estado del arte en este campo no es fácil de sistematizar [4], ya que existe una gran diversidad de aproximaciones al problema: la variedad de plásticos candidatos a substratos es muy amplia; se pueden considerar estructuras de simple, doble o incluso triple unión; los procesos de depósito pueden ser directos o de transferencia; y, dependiendo de la elección de un plástico transparente u opaco, se puede optar por una arquitectura de tipo p-i-n o de tipo n-i-p, respectivamente. Para simplificar, si nos circunscribimos a procesos de deposición directa y a dispositivos de simple unión, podemos decir que las mejores células de laboratorio de tipo p-i-n sobre plástico transparente rondan el 5 % [5], mientras que las mejores de tipo n-i-p pueden llegar a superar ampliamente el 8 % [4].

PROGRESOS EN EL CIEMAT EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

Partiendo de un conocimiento previo muy sólido en la física de la preparación y caracterización de láminas y dispositivos semiconductores, el grupo de desarrollo de Dispositivos de Silicio Depositado (DSD) ha realizado en los últimos seis años (2005-2010) un gran esfuerzo por situar la capacidad técnica del CIEMAT, en el ámbito de la tecnología de TFSi, a la altura de otros laboratorios europeos homólogos. Dicho esfuerzo no se ha realizado meramente con un espíritu “deportivo” de superación, sino con el propósito específico de poner al CIEMAT en condiciones de poder hacer aportaciones significativas a las líneas de producción de las empresas españolas del sector.

La táctica utilizada para llevar a cabo esta labor fue la de involucrar al DSD en diferentes proyectos de investigación, nacionales e internacionales, con una fuerte vertiente industrial. Esto permitió, por un lado, obtener los recursos necesarios para la investigación, y por otro, dinamizar las capacidades del grupo mediante una reforzada interacción con empresas y con otros centros universitarios y de I+D españoles y europeos. En la tabla 1 se presenta la lista de proyectos en los que el grupo DSD ha estado involucrado en los últimos, donde se recogen el origen de los fondos y algunos de los socios con los que se colaboró en cada uno.

Las líneas de investigación en las que se ha trabajado coinciden con las estrategias, mencionadas en el apartado anterior, encaminadas principalmente

raw materials (wafers) in conventional crystalline-silicon technology.

In principle the wafer can be fully avoided by depositing several (p-type, intrinsic and n-type) silicon layers onto a glass substrate (figure 2), resulting in so-called “p-i-n” commercial modules, whose stabilised efficiencies reach 7 % [1] and which are made by monolithic interconnection of cells according to the scheme shown in figura 3. These single-junction devices can reach 10 % [2] lab efficiencies in the case of 1 cm² cells. An option to increase the efficiency is to stack two or more cells in series with spectral responses shifting to red as long as the respective junction goes deeper. This way the solar spectrum can be used in a more effective way since each of the cells of the tandem fits a different spectral region. The absorber (intrinsic layer) energy gap differences required for this spectral match can be achieved either alloying silicon with germanium or other X elements to produce amorphous alloys (a-Si:X:H) or by using micro- or nanocrystalline silicon (μc-Si or nc-Si), whose energy gap can be about 0.5 eV narrower than that of amorphous silicon. Among fully amorphous devices, the best triple-junction cells reach efficiencies close to 10.5 % [2], whereas the best double-junction modules attain 8 % [1]. Among hybrid μc-Si/a-Si, so called micromorph cells the best double- and triple-junction lab devices do have efficiencies between 12 % and 12.5 % [2], whereas double-junction μc-Si/a-Si commercial modules reach 9 % [1]. An important challenge of this technology is to lower costs by raising production throughputs via increasing intrinsic-layer growth rates from a few to several tens Å/s.

Among the most relevant features of thin-film-silicon photovoltaic technology, which covers 5 % of the PV market, the following ones should be highlighted: an important cost-reduction potential, the possibility to fabricate large-area devices, the chemical stability of the modules, low temperature coefficients, an aspect and a versatility in what concerns substrate that qualify them for building-integrated photovoltaics and finally the possibility to manufacture monolithic modules by means of a highly automated process.

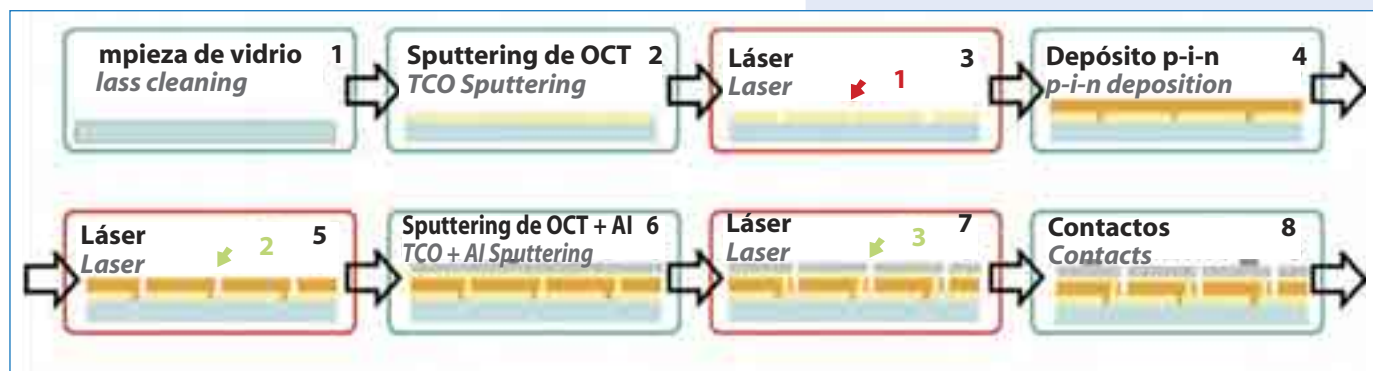


Figura 3: Esquema básico de fabricación de un módulo monolítico integrado de silicio en lámina delgada. En recuadro verde se señalan los procesos de depósito de láminas. En recuadro rojo se destacan los procesos de corte por láser, donde P1 es el conformado inicial del TCO que define las células, mientras que P2 y P3 son, respectivamente, el corte que habilita la interconexión monolítica y el corte de aislamiento entre células.

Figure 3: Basic scheme of the process for the fabrication of an integrated monolithic thin-film-silicon module. Green boxes correspond to film-deposition processes. Red boxes correspond to laser-scribing processes, where P1 is the initial TCO scribing defining the cells, whereas P2 and P3 are respectively the scribing that enables monolithic interconnection and the ablation for cell isolation.

Investigación • Research

Año / Year	ID	Área (cm ²) / Area (cm ²)	Hito tecnológico / Technological milestone	J _{sc} (mA/cm ²)	V _{oc} (mV)	FF (%)	Efic. (%) / Effic. (%)
2004	DK01	0.2	Mejor célula con el reactor antiguo / Best cell with the old reactor	9.90	728	45	3.3
2005	FX03	0.2	Reactor nuevo: una sola cámara / New reactor: one single chamber	10.88	680	64	4.7
2006	ID04	1.0	Reactor bicámara / Two-chamber reactor	11.71	711	66	5.5
2007	LZ05	1.0	Ajuste de temperatura unión p-i / Temperature adjustment p-i junction	12.79	750	65	6.3
2008	MA01	1.0	Ajuste de temperatura unión i-n / Temperature adjustment i-n junction	13.77	770	65	6.9
2008	MF03	1.0	Eliminación de poros / Elimination of pinholes	13.79	790	67	7.3
2009	NQ10	1.0	Ajuste del espesor de la capa p / Adjustment of p-layer thickness	14.94	808	65	7.9
2009	NT09	1.0	Introducción de una capa amortiguadora / Insertion of a buffer layer	14.56	840	67	8.2

Tabla 2. Progresos logrados por el CIEMAT en los últimos años en la tecnología de células p-i-n sobre vidrio. Hasta 2008 el gas dopante de tipo p fue el diborano. Desde entonces se usa trimetilboro.
Table 2. Progress achieved at CIEMAT in the last years on p-i-n-on-glass cell technology. Until 2008 the p-type dopant gas was diborane. Since then, trimethylboron is used instead.

a la superación de las limitaciones de la tecnología fotovoltaica convencional, a saber: las células y módulos de tecnología p-i-n sobre vidrio, las células de heterounión de silicio (SHJ) y las células de lámina delgada sobre substratos plásticos.

Hasta mediados del año 2005 no se dispuso en el CIEMAT de un reactor de plasma con una esclusa de carga y dos cámaras de proceso, adecuado en diseño y dimensiones para el desarrollo de dispositivos de silicio de lámina delgada. Todo el trabajo anterior se realizó en un reactor monocámara sin esclusa de carga, adquirido a mediados de los años ochenta del siglo pasado, que presentaba grandes limitaciones. No obstante, se desarrolló con él un meritorio trabajo en la preparación y caracterización de láminas, el cual permitió generar un conocimiento que dio su fruto en forma de dispositivos funcionales cuando se dispuso del nuevo reactor.

La línea de células de tecnología p-i-n sobre vidrio ha estado jalonada por una serie de hitos tecnológicos que han permitido pasar en seis años des-

The second approach to solving the problem of wafer cost is based on the development of a new generation of cells based on a kind of silicon that, still being multi- or monocrystalline, can be prepared as ribbons, sheets or thin foils allowing to avoid wafer slicing and having reasonable costs and efficiencies. The problem behind this idea is that the thermal-diffusion processes used for the formation of p-n junctions in conventional technology are not adequate for this kind of materials being only a-few-micron thick and subject to degradation at high temperatures. These absorbers also require an accurate definition of junction depth (i.e. emitter thickness) and a good passivation of both grain boundaries and surfaces. Among the various ways to undertake these challenges, the development of silicon-heterojunction (SHJ) cells must be highlighted.

Año / Year	Hito tecnológico / Technological milestone	Eficiencia (%) / Efficiency (%)
2004	Mejor célula con el reactor antiguo / Best cell made with the old reactor	3.7
2005	Uso de obleas pulidas de orientación <100> de alta calidad (FZ) / Use of <100> high-quality (FZ) polished wafers	5.0
2006	Introducción de un OCT frontal entre el emisor y la rejilla metálica frontal / Insertion of a TCO between the emitter and the front metal grid	6.7
2007	Ajuste de la temperatura de depósito del emisor frontal / Adjustment of front-emitter deposition temperature Solución de problemas de impurezas en el agua desionizada de limpieza / Solution to problems derived from impurities in the de-ionised water used for cleaning Eliminación de poros / Elimination of pinholes Ajuste del espesor del emisor frontal / Adjustment of front-emitter thickness	8.0
2008	Uso de obleas de orientación <100> de calidad industrial (CZ) / Use of <100> industrial-quality (CZ) wafers	10.5
2009	Mejoras en la limpieza de obleas / Improvements in wafer cleaning processes	12.8
2010	Texturado de obleas / Wafer texturisation	14.5

Tabla 3. Progresos logrados por el CIEMAT en los últimos años en la tecnología de células de heterounión de silicio (SHJ).
Table 3. Progress achieved by CIEMAT in the last years on silicon-heterojunction (SHJ) cell technology.

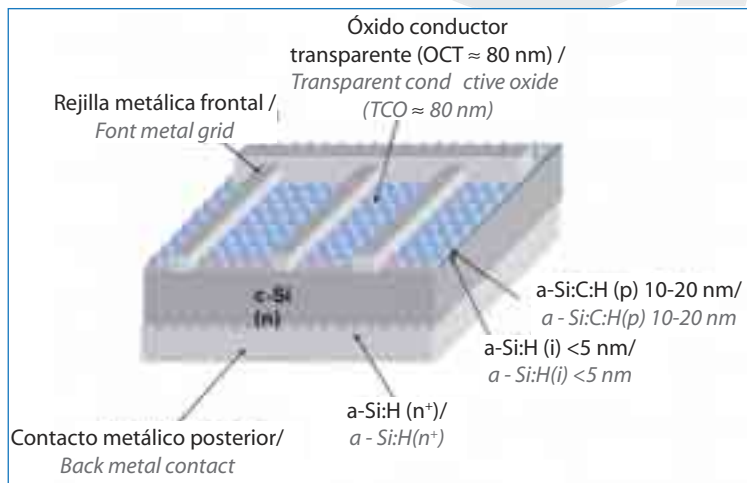


Figura 4: Estructura básica de una célula fotovoltaica de heterounión de silicio (SHJ) con absorbente de tipo n.
Figure 4: Basic structure of a silicon-heterojunction (SHJ) photovoltaic cell having an n-type absorber.

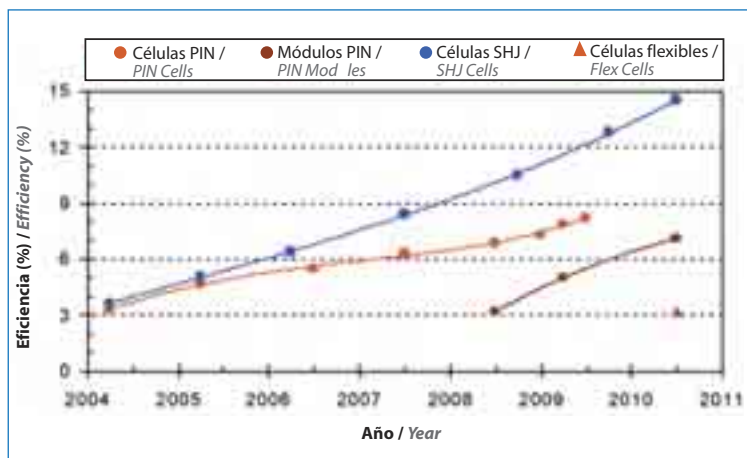


Figura 5: Curvas de aprendizaje de las tecnologías de células y módulos de TFSi desarrolladas por el CIEMAT.
Figure 5: Learning curves of the TFSi cell- and module technologies developed by CIEMAT.

de eficiencias de conversión en el entorno del 3.5 % hasta eficiencias por encima del 8 %. En la tabla 2 se recoge de manera sumaria esta evolución tecnológica. El mejor resultado obtenido hasta la fecha, del 8.2 %, teniendo en cuenta que aún faltan por incorporar algunas estrategias de atrapamiento de luz, como el aumento de la reflectividad del contacto posterior, se puede considerar perfectamente homologable con el estado del arte actual.

En el marco de los proyectos MICROSIL y CLÁSICO (véase tabla 1) se ha venido trabajando desde 2008 en el desarrollo, no sólo de células, sino de la tecnología de interconexión monolítica de módulos p-i-n sobre vidrio; para lo cual se ha mantenido una estrecha cooperación con el Centro Láser de la Universidad Politécnica de Madrid (CL-UPM), de modo que se intercambiaron centenares de muestras y se fabricaron decenas de módulos en colaboración siguiendo el esquema mostrado en la figura 3. En el año 2008 se obtuvieron ya resultados prometedores (en minimódulos de 4 cm² compuestos por dos células) tanto por la eficiencia inicial alcanzada (≈3.2 %) como porque constituían la primera prueba de interconexión monolítica de dispositivos fotovoltaicos realizada mediante procesos tecnológicos desarrollados íntegramente por centros de investigación españoles. La progresiva maduración tecnológica de la asociación DSD-CIEMAT/CL-UPM culminó en el año 2010 con la obtención de módulos de 14.4 cm² (compuestos por ocho células) con eficiencias del 7.1 %; a tan solo un punto porcentual de

SHJ cell technology is based on the possibility to build up rectifying junctions by depositing thin-film silicon –amorphous or microcrystalline– onto crystalline (mono-, poly- or multi-crystalline) silicon wafers or ribbons. The substrate may be p- or n-type, and the thin-film silicon deposition may be applied to one or both surfaces. The solid establishment of this technology has been confirmed not only by literature, with (100-cm²-area) cell efficiencies up to 23% [2], but also by the market, having reached approximately 7% of the world PV production in a few years. Figure 4, shows an example of an SHJ structure based on an n-type substrate. The thin-film-silicon deposition involves three advantages over diffusion processes making it more suitable for the development of cells from cheap silicon substrates such as the ones mentioned in the previous paragraph: the process is a low-temperature one, emitter thickness is defined with a very high accuracy and the surface is concomitantly well passivated. In addition, SHJ cells have demonstrated to have smaller efficiency losses under normal operation conditions (NOC) than conventional cells [3]. Owing to the patent by Sanyo, in force until the end of 2010, only this company commercialises SHJ modules (under the name HITTM), having efficiencies about 17.5 %. However, a number of European companies and research groups have developed different versions of SHJ cells, all of them double-heterojunction (front and back), like the Sanyo HITTM cells, with efficiencies between 15 % and 20% [3].

Finally, as indicated above, TFSi technology has an important role in the field of devices made on flexible substrates, in particular on plastic ones. The state of the art in this field is not easy to summarise [4], since the diversity of approaches is very important: the variety of candidate plastic substrates is very large; single- double- or even triple-junction structures can be considered; direct or transfer deposition processes are possible; and, depending on the choice of a transparent or opaque plastic, a p-i-n or n-i-p respective structure can be applied. Simplifying, if only direct-deposition processes and single-junction devices are considered, the best p-i-n lab cells on transparent plastic show efficiencies about 5% [5], whereas the best n-i-p ones can easily surpass 8% [4].

PROGRESS AT CIEMAT IN THE LAST YEARS

Starting from a very solid background in the physics of preparation and characterisation of thin films and semiconductor devices, the group for the development of Deposited-Silicon Devices (DSD) has made in the last six years (2005-2010) a big effort to position the technical capacity of CIEMAT, in what concerns TFSi technology, at the level of other European laboratories. Such an effort has not been made just inspired on a “sportive” self-improvement attitude, but with the specific purpose to put CIEMAT in conditions to give significant support to the production lines of the Spanish companies of this sector.

The tactic used to perform this task was to involve DSD in different national and international research projects

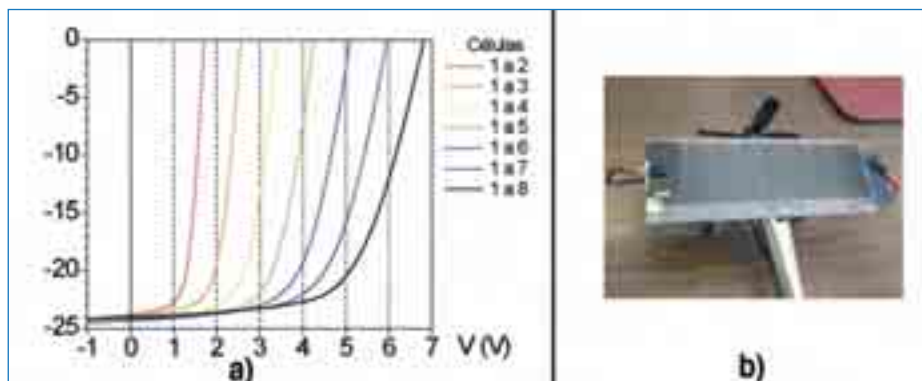


Figura 6: a) Curvas corriente-tensión de las diferentes asociaciones de células (de 2 a 8) de un módulo del 7.1% de eficiencia, donde se comprueba como cada célula añadida contribuye proporcionalmente a la curva I-V del módulo. b) Aspecto del módulo montado sobre un juguete (puesto al sol el módulo acciona el motor del avión).
 Figure 6: a) Current-voltage curves of the different cell associations (2 to 8) of a 7.1%-efficiency module where it can be checked how each cell added contributes proportionally to the module I-V curve. b) Appearance of the module mounted on a toy (when exposed to sunlight the module supplies electricity to the airplane motor).

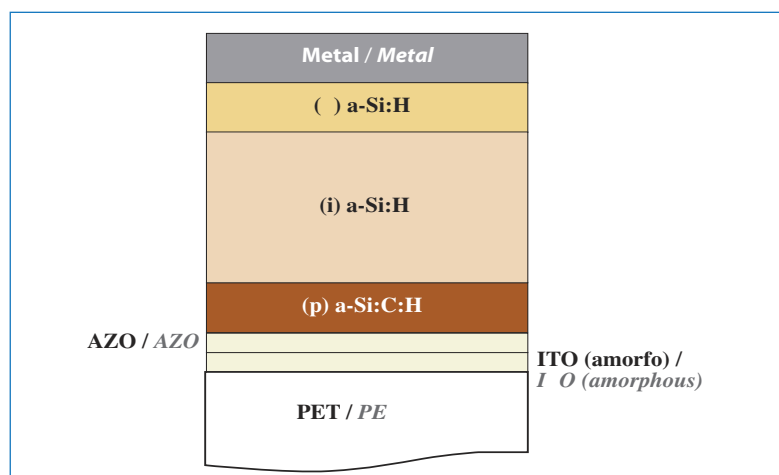


Figura 7: Estructura de la célula fotovoltaica flexible de tipo p-i-n desarrollada en el CIEMAT.
 Figure 7: Structure of the p-i-n flexible photovoltaic cell developed at CIEMAT.

las eficiencias máximas obtenidas en célula. Este resultado es muy destacable porque sitúa nuestra tecnología de módulos p-i-n totalmente en el estado del arte (figura 6).

Por su parte, la línea de células de heterounión de silicio (SHJ) ha progresado también superando una serie de hitos tecnológicos que han permitido pasar en seis años desde eficiencias de conversión en el entorno del 5 %, para células preparadas sobre obleas pulidas de zona flotante de altísima calidad, a eficiencias del 14.5 % preparadas sobre obleas Czochralski texturadas de interés industrial. En la tabla 3 se recoge de manera sumaria esta evolución tecnológica y en la figura 5 la correspondiente curva de aprendizaje. Los mejores resultados obtenidos hasta la fecha, teniendo en cuenta que se trata de células de simple unión frontal y que tienen todavía una considerable recombinación en la parte posterior, están muy cercanos a los resultados que presentan otros laboratorios europeos de primera línea.

Finalmente, el desarrollo de células sobre sustratos flexibles, iniciado en 2009, se encontró con la dificultad de que las capas de a-Si:H carecían de adherencia: el material se desprendía y se pelaban las láminas inmediatamente al contacto con el aire. El problema se resolvió creciendo sobre el sustrato comercial utilizado una capa de ZnO:Al de apenas 10 nm (figura 7). El resultado fue que se obtuvieron células con eficiencias encomiables ($\approx 3.2\%$) que representan, hasta donde nosotros sabemos, los primeros dispositivos fotovoltaicos de lámina

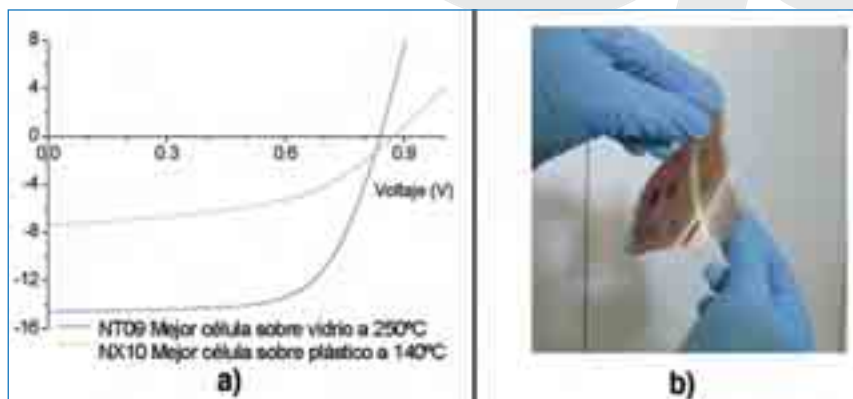
having a strong industrial orientation. This allowed to obtain the necessary resources for research and to enhance the capacities of the group through a reinforced interaction with companies, universities and R&D centres, both Spanish and European. Table 1 shows the list of projects the DSD group has been involved in in the last years. The funding organisation and some of the most relevant partners involved in either of them is indicated.

The research lines where activity has been deployed coincide with the strategies mentioned in the previous section, mainly aimed at overcoming the limitations of the conventional photovoltaic technology, i.e.: p-i-n on glass cells and modules, silicon-heterojunction (SHJ) cells and thin-film cells on plastic substrates.

Until mid 2005 CIEMAT did not have a PECVD reactor with a load-lock and two process chambers, being suitable in design and dimensions for the development of thin-film silicon devices. All the work so far had been done in a single-chamber reactor without any load-lock, installed in the mid 1980s, having very important limitations. Yet this system allowed to perform a valuable work on the preparation and characterisation of thin films which allowed to generate a knowledge that yielded results in the form of functional devices when the new reactor became available.

The p-i-n-on-glass cell line has been marked out by a number of technological milestones which have allowed to go along a six-year period from conversion efficiencies around 3.5 % to values over 8 %. Table II summarises this technological evolution. The best result obtained so far, 8.2 %, can be considered perfectly within the present state of the art, taking into account that it does not include some light-trapping strategies, such as the enhancement of rear-contact reflectivity.

In the framework of projects MICROSIL and CLÁSICO (see please Table I) effort has been dedicated since 2008 not only to the development of cells, but also of the monolithic interconnection of p-i-n-on-glass modules, for which a close collaboration has been kept with the Laser Centre of the Polytechnical University of Madrid (CL-UPM), so hundreds of samples were exchanged and tens of modules were made in collaboration according to the scheme shown in Figure 3. Already in the year 2008 promising results were obtained (on 4 cm² mini-modules made up of two cells) both because of the initial efficiency attained (3.2 %) and because they were the first prototypes of monolithic interconnection of photovoltaic devices performed by way of technological processes entirely developed by Spanish research centres. The progressive maturation of the DSD-CIEMAT / CL-UPM association led in the year 2010 to the preparation of 14.4 cm² modules (made up of eight cells) having 7.1% efficiency, only



Figuras 8: a) Características JV bajo iluminación de 100 mW/cm² AM1.5G, obtenidas con simulador solar, de sendas células de tecnología p-i-n preparadas sobre vidrio y sobre plástico. b) Doce células de tipo p-i-n, de 1 cm² de área cada una, depositadas sobre un sustrato plástico de 10×10 cm².

Figure 8: a) JV characteristics under 100 mW/cm² AM1.5G illumination, obtained with a solar simulator, corresponding to respective p-i-n cells prepared on glass and on plastic. b) Twelve p-i-n 1 cm² area cells deposited on a 10×10 cm² plastic substrate.

delgada preparados sobre sustrato flexible con tecnología netamente desarrollada en España (figura 8).

CONCLUSIONES

El 90 % de la producción fotovoltaica mundial está basada en el silicio, y las previsiones indican que se mantendrá esta posición dominante durante bastante tiempo. No obstante, la parte principal de ese 90% descansa en el uso de obleas mono o multicristalinas que representan un serio lastre a los costes de producción. Entre las posibles soluciones a este problema destaca la tecnología de capas delgadas de silicio, tanto en su versión puramente de lámina delgada de células de tipo p-i-n (con sus derivadas en la integración arquitectónica y en el desarrollo de módulos flexibles), como en su aplicación para el desarrollo de células de heterounión de silicio (SHJ) sobre sustratos más baratos y más delgados que las convencionales obleas. En este contexto, los esfuerzos del grupo de desarrollo de Dispositivos de Silicio Depositado (DSD) de la Unidad de Energía Solar Fotovoltaica del CIEMAT, durante los últimos años, han ido encaminados a situar nuestra capacidad técnica a la altura de otros laboratorios europeos homólogos, con el propósito específico de poner al CIEMAT en condiciones de poder hacer aportaciones significativas a las líneas de producción de las empresas españolas del sector. Los resultados que se recogen en este artículo muestran cómo se ha progresado, en poco más de un lustro, desde dispositivos muy rudimentarios hasta células y módulos que se sitúan en el estado del arte, o muy próximos al mismo, en todas las estructuras de células que se encuadran dentro de lo que se conoce genéricamente como tecnología de silicio en lámina delgada (TFSi).

REFERENCIAS / REFERENCES

- [1] Photon: la revista fotovoltaica, 2/2010, febrero de 2010, pp.76-115.
- [2] M.A. Green, K. Emery, Y. Hishikawa and W. Wartha. Solar cell efficiency tables (version 37). Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 19 (2011) 84-92.
- [3] Photon: la revista fotovoltaica, 1/2011, enero de 2011, pp.38-43.
- [4] J.K. Rath, M. Brinza, Y. Liu, A. Borreman and R.E.I. Schropp. Fabrication of thin film silicon solar cells on plastic substrate by very high frequency PECVD. Solar Energy Materials and Solar Cells, 94 (2010) 1534-1541.
- [5] Jian Ni et al. Effect of pretreatment on PET films and its application for flexible amorphous silicon solar cells. 34th IEEE Photovoltaic Specialists Conference. Book Series: IEEE PVSC, Pages: 1041-1044, Published at 2009.

one percent point below the maximum efficiencies obtained for cells. This result is quite remarkable because it places our p-i-n-module technology fully within the state of the art (Figure 6).

The research line on silicon-heterojunction (SHJ) cells has also progressed by achieving a number of technological milestones having allowed to evolve in six years from conversion efficiencies around 5 % for cells prepared on very-high-quality float-zone polished wafers, to 14.5%-efficient cells made from textured Czochralski wafers of industrial interest. Table 3 summarises this technological evolution and Figure 5 shows the corresponding learning curve. The best results obtained so far are very near those achieved by other leading European laboratories, particularly taking into account that they correspond to single-heterojunction cells and that back recombination is still far from minimised.

Finally, the development of cells on flexible substrates, initiated in 2009, encountered the difficulty that the a-Si:H layers lacked adherence. The material became detached and the films flaked off immediately in contact with air. The problem was solved by previously growing onto the commercial substrate used a very thin, hardly 10 nm (Figure 7). The result was the preparation of cells having appreciable efficiencies ($\approx 3.2\%$) which represent, to our knowledge, the first thin-film photovoltaic devices prepared on flexible substrates using technology fully developed in Spain (Figure 8).

CONCLUSIONS

90 % of the world photovoltaic production is based on silicon, and forecasts indicate that this dominant position will remain unchanged for a long time. Nonetheless, most of this 90 % is based on the use of mono- or multicrystalline wafers, which represent a serious limitation to production-cost reduction. Among the possible solutions to this problem, thin-film-silicon technology should be stressed, both in his purely thin-film version, based on p-i-n cells (with its implications on building-integrated photovoltaics and on the development of flexible modules), and in his application to the development of silicon-heterojunction (SHJ) cells on substrates being cheaper and thinner than conventional wafers. In this context the efforts in the last years of the group for the development of Deposited-Silicon Devices (DSD) of the Photovoltaic Unit of CIEMAT have been aimed at positioning our technical capacity at the level of other European labs, with the specific purpose to place CIEMAT in conditions to be able to make significant contributions to the production lines of the Spanish companies in this sector. The results summarised in this paper show how it has been possible to progress in a six-year period from very rudimentary devices to cells and modules within or very near the state of the art in all the cell structures covered by what is generically known as thin-film-silicon (TFSi) technology.

José Alejandro PINA

Enresa, 25 años de servicio público

Enresa, 25 Years of Public Service

José Alejandro Pina Barrio nació el 4 de junio de 1950 en Segovia y se licenció en Ciencias Económicas por la Universidad Complutense de Madrid, en 1972. Ha ocupado diversos puestos en la Comunidad de Madrid, el Instituto Nacional de Industria y el Ministerio de Industria y Energía. En 1994 fue nombrado presidente de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA), cargo del que fue cesado tras el cambio de Gobierno en 1996, y que ocupa, de nuevo, desde septiembre de 2004.

En 2010, Enresa, la empresa pública encargada de la gestión de los residuos radiactivos y el desmantelamiento de centrales nucleares en España, cumplió 25 años de servicio público a la sociedad.

Fue en 1985 cuando el Parlamento decidió crear una empresa pública que se hiciera cargo de gestionar los residuos radiactivos que se generan en la producción de energía eléctrica, pero también en hospitales, industrias y centros de investigación, además de ocuparse de desmantelar las centrales nucleares e instalaciones radiactivas. Desde entonces, ya han pasado más de 25 años, y Enresa ha consolidado sus soluciones técnicas, permitiendo que España se convierta en un referente internacional en esta materia.

Uno de los primeros retos que afrontó Enresa fue la gestión de los residuos de baja y media actividad que ya se habían generado en España y que se encontraban almacenados en una antigua mina de uranio, la mina Beta, situada en la Sierra Albarrana cordobesa. Enresa diseña y construye, de 1987 a 1992, las modernas instalaciones de residuos radiactivos de baja y media actividad que comienza a funcionar justamente en 1992. Es el único almacén de residuos radiactivos que existe en España y alberga los residuos radiactivos de baja y media actividad, tipología que representa más del 90 % del total de los residuos radiactivos que se generan en España. El Cabril está reconocido como una de las instalaciones más modernas del mundo a nivel técnico, pero casi igual de importante es el reconocimiento social que anualmente le otorgan los más de 5000 visitantes que acuden a la instalación a informarse de cómo se realiza la gestión de estos materiales. No obstante, un 11 % de esos visitantes provienen de delegaciones extranjeras que acuden al almacén cordobés para conocer in situ el modelo de gestión español.

El almacén ha recibido ya 27 302 metros cúbicos y se encuentra actualmente al 63,68 % de su capacidad para residuos radiactivos de baja y media actividad.



José Alejandro Pina.
José Alejandro Pina.

En 2008, también por mandato parlamentario, se puso en marcha en El Cabril, la primera estructura para almacenar residuos radiactivos de muy baja actividad, de cuatro proyectadas. Los residuos radiactivos de muy baja actividad, son un subtipo de los de baja y media pero tienen menor contaminación radiológica y, por tanto, su gestión es más sencilla. En la actualidad esa primera estructura específica almacena 2087 metros cúbicos de estos materiales y se encuentra al 5,42 %.

La generación de electricidad a través de centrales nucleares también genera residuos radiactivos de alta actividad, aunque en un porcentaje mucho menor, ya que suponen en torno al 5 % del total de los residuos radiactivos. Estos residuos, que se corresponden con el combustible

gastado de las centrales nucleares, permanecen actualmente en las piscinas de las centrales nucleares o en almacenes temporales en seco, hasta que el país disponga de un Almacén Temporal Centralizado (ATC) en el que se gestionará de forma conjunta todo este material. La opción del ATC fue la aprobada por el parlamento español en 2004 con unanimidad de todos los grupos políticos. En 2009, un proceso público de presentación de candidaturas a albergar esta instalación hizo que se presentaran 14 municipios, de los que ocho permanecen hoy a la espera de la decisión del Gobierno sobre la ubicación final de esta instalación que llevará consigo un Centro Tecnológico Asociado en el que se investigarán nuevas soluciones para este combustible y se mejorarán las que ya tenemos a nuestro alcance.

Todas las actividades que desarrolla Enresa están recogidas en el Plan General de Residuos Radiactivos (PGRR), un documento del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio que marca las líneas de actuación y los objetivos de la empresa. En junio de 2006, el Gobierno aprobó el Sexto PGRR, actualmente en vigor. Además de gestionar los residuos radiactivos, la empresa también se ha consolidado en otra de sus actividades principales: el desmantelamiento de instalaciones nucleares y la restauración de emplazamientos relacionados con la extracción o el tratamiento de uranio.

Respecto a la restauración ambiental destaca el desmantelamiento y clausura de la Fábrica de Uranio de Andújar en Jaén, efectuado entre 1991 y 1994; así como la restauración de 19 explotaciones mineras de uranio localizadas en Extremadura y Andalucía, efectuadas entre 1997 y 2000.

Pero si hay otro ámbito en el que Enresa ha sido pionera y se ha consolidado como referente para otros países es en el desmantelamiento de instalaciones nucleares. En este sentido, destaca el proyecto realizado en la central nuclear de Vandellós I (Tarragona) que se desmanteló a nivel 2 según la terminología del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), entre 1998 y 2003, hasta dejar su reactor en latencia, por un periodo aproximado de 25 años, tras los que se efectuará el desmantelamiento completo. Cuando Enresa asumió los trabajos en Vandellós existían escasas referencias en el contexto internacional. Hoy en día, el Centro Tecnológico Mestral situado en la antigua central, se ha convertido en el eje de la I+D de desmantelamiento.

Tras Vandellós, Enresa se hizo cargo en 2005 del Plan Integrado de Mejora de Instalaciones del CIEMAT, donde, entre otras actividades, se desmantelaron el reactor nuclear experimental JEN 1, una planta piloto de reproceso de combustible irradiado y una planta de acondicionamiento de residuos líquidos.

En febrero de 2010, Enresa asumió la titularidad de la central nuclear José Cabrera para acometer su desmantelamiento. El de José Cabrera será el primer desmantelamiento "total" que se realice en España, es decir, en un periodo aproximado de

He was born on June 4, 1950 in Segovia, and graduated in Economic Sciences from the Madrid Complutense University in 1972. He has held several posts in the Madrid regional government, the National Institute of Industry and the Ministry of Industry and Energy. In 1994, he was appointed President of the Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (EN-RESA), a post from which he was dismissed after the change of Government in 1996 and to which he was again appointed in September 2004.

In 2010, Enresa, the public enterprise in charge of radioactive waste management and the dismantling of nuclear power plants in Spain, celebrated its 25th year of public service to society.

It was in 1985 when Parliament decided to create a public enterprise to take charge of managing the radioactive wastes generated not only by electric power production, but also by hospitals, industries and research centers, and to assume responsibility for the dismantling of nuclear power plants and radioactive facilities. Twenty-five years have passed since then and Enresa has consolidated its technical solutions, allowing Spain to become an international reference in this field.

One of the first challenges faced by Enresa was the management of the low- and intermediate-level wastes that had already been generated in Spain and that were stored in an old uranium mine – the Beta mine – located in Sierra Albarrana in Cordoba. From 1987 to 1992, Enresa designed and built the modern low- and intermediate-level radioactive waste facilities that started operating precisely in 1992. It is the only radioactive waste repository in Spain and it houses low- and intermediate-level wastes, which account for 90% of the total radioactive wastes generated in Spain. Technically speaking El Cabril is recognized as one of the most modern facilities in the world, but almost just as important is the social recognition evidenced by the more than 5,000 visitors who visit the facility every year to learn about how these materials are managed. Of these visitors, 11% come from foreign delegations that visit the Cordoba repository to learn in-situ about the Spanish management model.

The repository has already received 27,302 cubic meters and it is currently filled to 63.68% of its capacity for low- and intermediate-level radioactive wastes.

In 2008, also by parliamentary mandate, the first of four planned structures to store very low-level radioactive wastes was implemented in El Cabril. Very low-level radioactive wastes are a subcategory of low- and intermediate-level wastes (LILW) but with less radiological contamination and, therefore, easier to manage. At present, that first specific structure stores 2,087 cubic meters of these materials and is filled to 5.42% capacity.

Electricity generation by nuclear power plants also generates high-level radioactive wastes, although to a much lesser extent because they only account for around 5% of all radioactive wastes. These wastes, which correspond to the spent fuel of the nuclear power plants, are currently stored in the nuclear power plant pools or in temporary dry storage and will remain there until the country has a Temporary Centralized Repository (ATC) where all this material will be jointly managed. The ATC option was unanimously approved by all the political groups in the Spanish parliament in 2004. In 2009, in a public submission process by candidates to house this facility, 14 municipalities submitted candidatures, eight of which are still waiting for the Government's decision on the final location of this facility. The facility will have an Associated Technology Center, which will conduct research on new solutions for this fuel and improve the ones already available.

José Alejandro PINA. Enresa, 25 años de servicio público
José Alejandro PINA. Enresa, 25 Years of Public Service



All the activities carried out by Enresa are set forth in the General Radioactive Waste Plan (PGRR), a document issued by the Ministry of Industry, Tourism and Trade that sets the company's objectives and courses of action. In June 2006, the Government approved the Sixth PGRR, which is currently in force. In addition to managing radioactive wastes, the company has also consolidated another of its main activities: the dismantling of nuclear facilities and the reclamation of sites related to uranium mining or treatment.

Environmental reclamation includes the dismantling and decommissioning of the Uranium Factory of Andújar in Jaen, carried out between 1991 and 1994, and the reclamation of 19 uranium mining operations located in Extremadura and Andalusia between 1997 and 2000.

But another field in which Enresa has been a pioneer and has consolidated itself as a reference for other countries is the dismantling of nuclear facilities. Of note in this area is the project undertaken in the nuclear power plant of Vandellós I (Tarragona), which was dismantled to level 2, according to the terminology of the International Atomic Energy Agency (IAEA),

between 1998 and 2003; its reactor was left in a latency period for approximately 25 years, after which the dismantling will be completed. When Enresa assumed responsibility for the works in Vandellós, there were few international references. Today, the Mestral Technology Center located in the former power plant has become the heart of dismantling R&D

After Vandellós, Enresa took on the CIEMAT Integrated Installation Upgrade Plan, which included the dismantling of experimental nuclear reactor JEN 1, a pilot irradiated fuel reprocessing plant and a liquid waste treatment plant.

In February 2010, Enresa took over the ownership of the José Cabrera nuclear power plant to dismantle it. The José Cabrera project will be the first "total" dismantling executed in Spain, i.e., in an approximate period of six years the site will be left clean, from a radiological standpoint, so that its owner can use it for any other purpose.

During these 25 years, Enresa has strongly supported Research & Development in those areas where the industrial solutions are not fully implemented and in others where there is potential for improvement and optimization. The Enresa projects involve nearly 40 organizations and more than 300 researchers. The economic resources allotted to research and development amount to six million euros a year.

And while these 25 years of Enresa have, from a technical perspective, resulted in successful projects for Spanish society, at a social level the progress made has also been very significant. Enresa considers that communication of its activities and of the solutions it proposes is an essential part of its business. Over the years, thanks to its policy of opening its doors and providing access to information, we have seen that, little by little, citizens are gaining a better understanding of our business. This communication policy took another step forward a year and a half ago with the creation of the new Enresa portal – www.enresa.es – where new accessible content is posted almost daily so that everyone can learn about us and understand how we accomplish the mission entrusted to us. It is a good example of the fact that technical projects and communication can go together. This will continue to be the great challenge for Enresa in the years to come.

seis años, el lugar quedará limpio, desde el punto de vista radiológico, para que su propietario pueda darle cualquier uso.

Durante estos 25 años, Enresa ha apostado firmemente por la Investigación y el Desarrollo en aquellas áreas donde las soluciones industriales no están plenamente implantadas y en aquellas otras donde existe posibilidad de mejora y optimización.

Los proyectos de Enresa integran a cerca de 40 organizaciones y más de 300 investigadores. Los recursos económicos destinados a la investigación y desarrollo alcanzan los seis millones de euros al año.

Si desde el punto de vista técnico estos 25 años de vida se han traducido en proyectos exitosos para la sociedad española, a nivel social también ha sido muy importante el avance experimentado. Enresa considera la comunicación de sus actividades, de las soluciones que propone, como parte fundamental de su actividad. Con el paso de los años, gracias a la política de puertas abiertas y a facilitar el acceso a la información hemos constatado que poco a poco los ciudadanos entienden mejor nuestra actividad. Esta política de comunicación avanzó un paso más hace un año y medio con la creación del nuevo portal www.enresa.es, en el que casi diariamente se cuelgan nuevos contenidos asequibles para que todos los ciudadanos nos comprendan y puedan entender cómo desarrollamos la misión que nos ha sido encomendada. Es un buen ejemplo de que los proyectos técnicos y la comunicación sí que pueden ir de la mano. Ese sigue siendo el gran reto de Enresa para los próximos años.

Proyecto EU SOLARIS

Durante la Conferencia ENERI (*Energy Research Infrastructures*) celebrada en Bruselas a finales de noviembre de 2010, la Comisión Europea ha comunicado oficialmente que el proyecto EU SOLARIS es uno de los tres que serán parte del Foro Estratégico Europeo de Infraestructuras de Investigación (ESFRI 2010).

La instalación de investigación en energía solar de concentración, a cuya financiación contribuirá la Comisión Europea aunque aún no se ha concretado cifra, se ubicará en el Centro Tecnológico Avanzado de Energías Renovables (CTAER), en el desierto de Tabernas, vecino de la Plataforma Solar de Almería, centro territorial del CIEMAT.

EU SOLARIS será una infraestructura dedicada a las nuevas tecnologías en el campo de la energía solar de concentración, en la que participarán distintos centros de investigación de distintos países de la Unión Europea. Se estima que el coste de construcción de las instalaciones sea de 80 millones de euros y que haya finalizado en 2015; cuando esté en funcionamiento, sus gastos de operación serán de unos 3 millones de euros anuales. Este proyecto también cuenta con el apoyo de la Asociación Española de la Industria Solar Termoelectrónica (PROTERMOSOLAR) y su homóloga europea, ESTELA. ■



Intervención de Diego Martínez, Director de la PSA, en ENERI 2010.

Premios Construcción Sostenible de Castilla y León

El arquitecto Emilio Miguel Mitre recibió el Premio de Proyección Exterior, siendo el primer galardonado en recibirlo, ya que esta categoría ha sido incorporada en la presente edición de los Premios Construcción Sostenible de Castilla y León, que cada dos años concede la Junta de Castilla y León.

Estos premios son iniciativa de las Consejerías de Fomento y Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León que, con la colabora-



Foto de familia de los galardonados.



Fachada Sur del edificio de la Fundación ASPRONA- Grupo Lince.

ción del Instituto de la Construcción de Castilla y León, promueven el impulso y la promoción de una mejora de la calidad de vida en el entorno urbano, ya que surgieron con el objetivo de compatibilizar construcción y medioambiente.

El estudio de arquitectura de Emilio Miguel Mitre, ALIA, también quedó finalista con su proyecto de la futura sede de la Fundación ASPRONA-Grupo Lince, edificio construido gracias al apoyo del Ministerio de Ciencia e Innovación, que canaliza los fondos FEDER europeos, y el CIEMAT, que es el responsable del análisis energético. ■

Delegación chilena visita la PSA

El intendente de la Región de Arica y Parinacota, Chile, Rodolfo Barbosa, en compañía del Seremi de Energía, Carlos Arena, visitaron en enero pasado la Plataforma Solar de Almería, en el marco de su gira tecnológica a España. En la PSA fueron recibidos por el Director del centro, Diego Martínez, quien, además de mostrarles las instalaciones de esta Gran Instalación Científica y Singular, pudo conversar con la delegación chilena sobre la posibilidad de un convenio de colaboración encaminado a proporcionar la experiencia de la PSA en el sector de la energía solar, en concreto en las tecnologías de concentración.

El acuerdo de colaboración también abarcaría aspectos formativos, proporcionando educación científico-tecnológica a los jóvenes de la región de Arica y Parinacota en este sector emergente en Chile. ■

La UE y el fomento a la innovación e investigación

La cumbre del Consejo de la Unión Europea celebrada el pasado febrero reforzó el compromiso de fomentar la cooperación en proyectos de investigación, así como el de simplificar la burocracia en los trámites de financiación y a encontrar nuevas fuentes de capital de riesgo destinado a las nuevas empresas innovadoras.

Como recogía CORDIS, el servicio de información comunitario, el Consejo insta la adopción de un planteamiento estratégico e integrado para impulsar la innovación y aprovechar el capital intelectual de Europa, labor en la que deben implicarse los ciudadanos, el tejido empresarial, especialmente las PYME y, por

supuesto, los científicos e investigadores. Otra de las medidas que pretende mejorar el Consejo es la movilidad y las perspectivas profesionales de los investigadores y la adopción plena del Espacio Europeo de Investigación en dos años.

Finalizada la Cumbre, la Comisaria de Investigación e Innovación, Máire Geoghegan-Quinn, resaltó la importancia de la innovación en el conjunto de las estrategias económicas para contribuir a reducir déficits y deudas, para lo cual consideró que debería mantenerse, incluso incrementarse, el gasto público en I+D, con el objetivo para 2020 en alcanzar el 3% del PIB en inversiones tanto públicas como privadas en I+D. ■

VI CONEIA

Los días 6 a 8 de abril de 2011, se celebrará en Albacete la sexta edición del Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, dedicada, principalmente, a profundizar en los aspectos de: Responsabilidad, Vigilancia y Eficacia. CONEIA pretende que se mantenga el carácter de encuentro dinámico de los actores implicados en la Evaluación Ambiental de ediciones anteriores.

El CIEMAT participará en este congreso con la ponencia "Impactos socioambientales de la energía eólica y desequilibrio territorial", presentada por investigadores del CEDER y el CIEDA, que abordará, entre otros aspectos, la nueva colonización industrial del medio rural, en concreto en relación con los parques eólicos; así como la territorialización de impactos ambientales y la distribución de los impactos sociales. ■



2011, Año Internacional de la Química

La Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó 2011 como Año Internacional de la Química, encomendando a la UNESCO y a la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) la organización. Entre los principales objetivos se encuentra el de acercar la química al gran público, haciéndoles notar cómo responde la química a sus necesidades, incidiendo particularmente en los jóvenes. Se ha dispuesto una página web para incentivar la participación: www.chemistry2011.org, siendo posible intercambiar ideas con otros usuarios y seguir los debates sobre distintos temas.

La presentación oficial del Año Internacional de la Química tuvo lugar el 27 y 28 de enero, en la sede central de la UNESCO en París; presentación en la que intervinieron, entre otros, los premios Nobel Jean-Marie Lehn, Ada Yonath, Yuan Lee y Rajendra Pachauri. Entre las celebraciones de este año internacional, el centenario de la concesión del Premio Nobel a Marie Curie, y el de la creación de la Asociación Internacional de Sociedades Químicas. ■

2011, Año Internacional de la Química también en España

La inauguración oficial en España del Año Internacional de la Química tuvo lugar el 8 de febrero, oficiada por el Vicepresidente Primero del Gobierno, Alfredo Pérez Rubalcaba, acompañado de los ministros de Ciencia e Innovación, Cristina Garmendia Mendizábal, y Educación, Ángel Gabilondo Pujol, en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas; también estuvieron presentes: el presidente del CSIC, Rafael Rodrigo Montero; el presidente de la Asociación Europea de Ciencias Químicas y Moleculares, Luis Oro Giral; y el presidente de la Asociación Nacional de Químicos de España y del Foro Química y Sociedad, Carlos Negro Álvarez.



La ministra de Ciencia e Innovación, Cristina Garmendia, destacó "que la Química es una de las disciplinas que generan mayor número de patentes y colaboración con la industria"; por su parte el ministro de Educación, Ángel Gabilondo, destacó "el enorme potencial de la Química para el presente y futuro de la ciencia".

En el acto, el presidente de Correos y Telégrafos, Alfredo Lafuente Féliz, presentó el sello conmemorativo de este año científico, que fue matesellado oficialmente por el propio Rubalcaba. El sello presenta el logo del Año Internacional de la Química y una fotografía de la investigadora Marie Curie en la Residencia de Estudiantes madrileña.

El lema de este Año Internacional es "Química: nuestra vida, nuestro futuro", y bajo este paraguas se desarrollará un gran número de actividades a escala mundial con objeto de destacar la importancia de la química en la sostenibilidad del planeta y la calidad de vida de los ciudadanos.

En este acto de inauguración oficial del Año Internacional de la Química, le fue impuesta la Medalla de Oro de la Década a la Investigación e Innovación en Química 2001-2010, a Avelino Corma Canós, actualmente el científico español más citado en la literatura científica internacional. ■

La infancia del Universo

La colaboración internacional BigBOSS ha obtenido el permiso del Observatorio Nacional de Astronomía Óptica (NOAO) para utilizar 500 noches de observación en el telescopio Mayall, en Arizona, con el objeto de elaborar un mapa del firmamento e investigar la historia de la expansión del universo y de la energía oscura.

En este programa participa el Instituto de Astrofísica de Canarias y está previsto que en los próximos cinco años determine la localización de veinte millones de galaxias y cúasares, retrocediendo diez mil millones de años hasta la infancia del universo.

El mapa detallado permitirá desentrañar algunos de los enigmas de la energía oscura y la expansión del universo. La clave del previsible éxito del programa BigBOSS residirá en la construcción de un instrumento espectroscópico capaz de medir, simultáneamente, miles de objetos astronómicos, precisamente este instrumento se encuentra ahora en la fase de búsqueda de financiación adicional.

La colaboración internacional cuenta con 35 instituciones, procedentes de Estados Unidos, Francia, Reino Unido, China, España y Corea.

El objetivo final de BigBOSS es examinar la historia de la expansión del universo y estudiar la naturaleza de la energía oscura; el trabajo de investigación se basa en el estudio del espectro de la luz, en concreto de su desplazamiento al rojo, lo que revela la expansión del universo desde que la luz abandonó esa galaxia. Los datos recogidos constituirán una inestimable fuente de información para el estudio de la evolución de las galaxias. ■

química, o en la fabricación de otros plásticos. La investigación se centra en los plásticos del tipo de polietileno y polipropileno, que constituyen un 60% de los residuos plásticos domésticos.

El proceso se basa en la degradación catalítica de los plásticos utilizando catalizadores ácidos sólidos y se realiza a temperaturas comprendidas entre 350 y 450° C; esta tecnología permite el reciclado de mezclas de plásticos (la situación más habitual en condiciones reales en los vertederos), siendo esta posibilidad una de las características más innovadoras de la investigación realizada. Aunque actualmente esta forma de eliminar los plásticos que llegan a los vertederos representa únicamente el 2 % del aquéllos, por su elevado coste, el precio de los combustibles fósiles puede hacer que sea muy interesante el desarrollo de tecnologías en este sentido para intentar obtener de los residuos una nueva fuente energética. ■

Cuatro millones de euros en ayudas de FECYT

En febrero se hizo pública la “Convocatoria de ayudas para el fomento de la cultura científica y la innovación 2011”, cuya dotación es de cuatro millones de euros, por parte de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). En línea con el Ministerio de Ciencia e Innovación y las ayudas del Plan Nacional de I+D+i, la convocatoria se dirige hacia los proyectos de excelencia.

La convocatoria sigue tres líneas de actuación: proyectos de fomento de la cultura científica, proyectos de fomento de la cultura de la innovación y redes de comunicación y divulgación de la ciencia y la innovación.

En esta convocatoria, la FECYT colaborará con quienes obtengan las ayudas en la búsqueda de patrocinio privado. La previsión es que esté resuelta antes del 31 de julio del presente año. ■

La sede de LifeWatch estará en España

A mediados de febrero se hizo público que el Ministerio de Ciencia e Innovación había conseguido traer a España una gran infraestructura europea de investigación medioambiental, *LifeWatch*, proyecto que combina el estudio de la biodiversidad con las Tecnologías de la Información y la Comunicación, que cuenta con un presupuesto de 220 millones de euros. El laboratorio virtual evaluará, mediante simuladores, el impacto del cambio global sobre determinadas áreas geográficas, u otros aspectos similares. Se desarrollarán así mismo nuevas herramientas de análisis para estudios medioambientales con aplicación de las TIC.

La sede principal, administrativa y legal, de *LifeWatch* estará en España, en concreto en Sevilla, aunque Italia y Holanda también tendrán otras instalaciones comunes de esta infraestructura. El proyecto será financiado por diversos países de la Unión Europea. Este proyecto contribuirá a la toma de decisiones de los gestores ambientales en el desarrollo de políticas vinculadas a la conservación de la biodiversidad. *LifeWatch* está incluida en la hoja de ruta de infraestructuras de investigación del Foro Estratégico Europeo para las Infraestructuras de Investigación (ESFRI).

La Asociación Española de la Calidad cumple 50 años

La Asociación Española de la Calidad, fundada en 1961 con el propósito de fomentar y apoyar la competitividad de las empresas y organizaciones españolas, promoviendo la cultura de calidad, desarrollo sostenible y responsabilidad social empresarial, cumple 50 años. Precisamente por este motivo, el Príncipe de Asturias recibió a finales de enero, en audiencia, al Consejo Nacional y equipo directivo de la asociación, encabezados por su presidente en funciones, Miguel Udaondo Durán.



Audiencia del Príncipe de Asturias.



El CIEMAT es miembro del Consejo Nacional, por lo que su representante, Miguel Embid Segura, estuvo en la audiencia. La AEC colabora con entidades tanto del sector público como privado, actualmente agrupa a más de 2700 empresas y profesionales. ■

Don Felipe saluda al representante del CIEMAT, Miguel Embid.

Residuos plásticos y combustible

Un equipo de investigadores de la Universidad Rey Juan Carlos está trabajando en el tratamiento de residuos plásticos con vistas a su utilización como combustible, o materia prima en la industria

Los países interesados en participar en el momento del anuncio eran ocho: Suecia, Grecia, Finlandia, Hungría, Rumanía, Holanda, Italia y España, que constituirán un *European Research Infrastructure Consortium*, figura legal diseñada para las infraestructuras científicas según la normativa comunitaria. ■

El 28th SOFT será en San Sebastián

El CIEMAT ha promovido como sede del congreso internacional de fusión que se realizará en 2014, el Symposium on Fusion Technology (SOFT), la ciudad de San Sebastián, que ha sido confirmada recientemente como la ciudad que acogerá a los 900 científicos que se reunirán en este evento.

La propuesta realizada por el CIEMAT fue apoyada por el Kurasaal y San Sebastian Convention Bureau, que han colaborado para hacer realidad esta convocatoria. SOFT tiene carácter bienal y su programa se desarrolla en cinco días. La próxima edición, en 2012, tendrá lugar en Lieja, Bélgica. En estas reuniones bienales los máximos expertos en fusión debaten sobre las cuestiones más importantes de sus respectivas disciplinas, obteniendo conclusiones de gran interés para el avance de la fusión como futura fuente energética, cuyo primer paso es el proyecto ITER que se está construyendo en Cadarache, Francia. ■



superficies magnéticas en 2D en el TJ-II la máquina de fusión del CIEMAT.

Presentación del Informe Cambio Global España 2020/2050

El pasado 1 de marzo se presentó, en la Escuela Universitaria de Estudios Empresariales de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), el "Informe Cambio Global España 2020/2050. Energía, economía y sociedad". La bienvenida al acto corrió a cargo del rector de la UCM, Carlos Berzosa; del presidente de la Fundación CONAMA, Gonzalo Echagüe; y de la secretaria de Estado de Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Teresa Ribera. Los resultados fueron presentados por Fernando Prats, del Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental (CCEIM); Joaquín Nieto, presidente de honor de Sustainlabour; y Pedro Linares, profesor de la Universidad Pontificia de Comillas.

Este informe forma parte de un programa iniciado en 2008 sobre Cambio Global en España a iniciativa de la Fundación General Universidad Complutense de Madrid (FGUCM), a través del CCEIM, y de la Fundación CONAMA, cuyo objetivo es impulsar un proceso continuado de información, anticipación y propuestas de acción sobre el Cambio Global en España con una visión de medio plazo, con el fin de alimentar un debate integral que se estimule y fortalezca desde la sociedad civil.

El informe sobre energía, economía y sociedad, el quinto de la serie, plantea un escenario posible de transición hacia un modelo energético coherente con el cambio de época que estamos viviendo. Una propuesta que pretende promover desde la sociedad civil el debate necesario sobre el futuro energético del país, con el propósito de llegar a una estrategia energética ambiciosa y sostenible, con objetivos de medio y largo plazo.

Para su elaboración se ha constituido un equipo multidisciplinar del que forman parte investigadores de la Unidad de Análisis de Sistemas Energéticos de CIEMAT que han contribuido con el capítulo "Escenarios energéticos deseables 2020 y 2030 para un escenario responsable de reducción de emisiones en 2050". ■

LAINSA SCI adjudicataria del servicio de emergencias de la planta Andasol III

Desde día 4 de marzo, y durante un periodo inicial de seis meses, una brigada de bomberos profesionales de LAINSA SCI, sociedad perteneciente al Grupo Dominguis, presta servicios de vigilancia, prevención y actuación en emergencias en la obra de construcción de la planta termosolar de Andasol III, primer complejo termosolar del mundo con almacenamiento térmico. De este modo, se refuerza la protección de la instalación frente a emergencias de incendio y explosión, que son los riesgos más importantes que pueden presentarse en este tipo de instalaciones.

El equipo de bomberos, integrado por diez especialistas, organizados en turnos de trabajo que cubrirán las 24 horas del día durante toda la semana, se encuentra completamente equipado con el material necesario para la intervención en emergencias. Asimismo, el servicio cuenta con un camión autobomba, propiedad de LAINSA SCI.

El contrato que se ha adjudicado a LAINSA SCI supone una novedad importante, ya que "es la primera vez que se presta un servicio de estas características en una planta termosolar en España", asegura el director técnico de LAINSA SCI, Antonio Núñez. Hasta el momento, la protección frente al riesgo de incendio en este tipo de instalaciones, en marcha y en construcción, se ha realizado exclusivamente con equipos portátiles y fijos de extinción. No obstante, este modelo de protección requiere una importante inversión por parte del propietario por lo que externalizar esta labor a una empresa especializada como LAINSA SCI puede suponer amplios beneficios, "como la posibilidad de disponer de personal altamente cualificado, con dedicación exclusiva a operaciones preventivas de incendio y control rápido de emergencias, durante la construcción y operación de la planta", afirma Núñez.

Todas estas medidas constituyen una importante mejora en los niveles de protección de la instalación, pero también influyen positivamente en la imagen pública de la empresa, lo que se traduce en una mayor competitividad, ya que las entidades que se preocupan y demuestran un elevado interés por una conducta responsable y segura son mejor aceptadas socialmente. ■



Asunción **Espinosa Canal**

Responsable del Proyecto Indalo
Indalo Project Manager

Al final de una etapa importante de mi vida me gustaría hacer un breve repaso de lo que ha supuesto para mí la vida laboral. Después de un corto periodo dedicada a la enseñanza como profesora no numeraria en la Cátedra de Botánicas de la Universidad de Ciencias de Salamanca, dedicación a la que tuve que renunciar por motivos familiares, fui contratada en la entonces Junta de Energía Nuclear, hoy CIEMAT. En ese momento yo tenía dos licenciaturas en distintas ramas de las denominadas por algunos investigadores de CIEMAT como *Ciencias de la Vida*, pero no disponía de experiencia en el campo de la energía nuclear, y más concretamente en protección radiológica dosimetría personal, ámbito en el que debía comenzar a trabajar en poco tiempo. La JEN, y posteriormente CIEMAT, me proporcionaron entonces y a lo largo de mi trayectoria, a través de sus cursos, bibliotecas e investigadores, las herramientas necesarias para mi formación, no solo en el campo de la protección Radiológica sino también en materias tan necesarias para la completa formación de un científico como son la informática, la estadística, idiomas, etc. Todas estas capacidades las he podido adquirir sin ningún coste económico de mi parte. También la experiencia adquirida en el trabajo me permitió redactar una tesis doctoral que mereció la calificación de Premio Extraordinario, dada la importancia del tema desarrollado en la misma, si bien en este caso el coste de las tasas para la obtención de los créditos académicos necesarios para la obtención del grado de doctor fueron sufragados en su totalidad por mí, (afortunadamente, en la actualidad la acción social del centro contempla ayudas para estos créditos a los actuales doctorandos). En cualquier caso, el haber podido emplear parte de mi trabajo y experiencia en la obtención del grado de doctor en Ciencias Físicas es algo que agradezco al CIEMAT profundamente.

A lo largo de todos los años de trabajo en el campo de la protección radiológica en el marco del proyecto INDALO he tenido la oportunidad de participar en varios proyectos de investigación internacionales pudiendo conocer a investigadores de otros países así como realizar interesantes intercambios de ideas con los mismos. De las participaciones en grupos de trabajo, proyectos y asistencia a congresos guardo bonitos recuerdos, pero en este momento quiero mencionar dos de ellos por las connotaciones humanas de los mismos.

Participaba por primera vez en un grupo de trabajo organizado por la Agencia Internacional de la Energía atómica (OIEA) en Viena sobre estimación de dosis y al final de la primera sesión, se me acercó un participante y me preguntó si yo tenía algún parentesco con Baruch Spinoza, a lo que yo respondí en un inglés mediocre ¿se refiere al filósofo sefardí? Mi apellido es parecido pero se escribe con s. La persona que me preguntaba debió quedar sorprendida y posiblemente bien impresionado de encontrar a una investigadora que tuviera conocimientos de filosofía, aunque tengo que reconocer que mis conocimientos en esta materia no llegan más allá de lo estudiado en sexto curso de bachillerato, y que de Spinoza solo recordaba que era panteísta, sefardí y que, en cierta medida se

At the end of an important stage in my life, I would like to briefly summarize what my working life has meant to me. After a short period of time as a lecturer in the Botany department of the University of Sciences in Salamanca, a post I had to give up for family reasons, I was hired by the former Nuclear Energy Board (J.E.N.), which today is CIEMAT. At the time I was hired, I had two degrees in different branches of what some CIEMAT researchers called the Life Sciences, but I did not have any experience in the field of nuclear energy, or more specifically in radiation protection and personal dosimetry, a field in which I was going to start working. But the J.E.N., and later CIEMAT, gave me then and throughout my career, through its courses, libraries and researchers, the necessary tools for my training not only in the field of R.D., but also in subjects that are so essential for the complete education of a scientist, such as computing, statistics, languages, etc. I was able to acquire all these capabilities at no economic expense to me. The on-the-job experience I gained also enabled me to write a doctoral dissertation that was awarded an Extraordinary Prize because of the importance of the subject it dealt with, although in this case I paid the entire cost of



Nuestros Profesionales



le podía considerar el padre del panteísmo en su forma mas pura, pero para mi interlocutor, que resulto ser admirador y lector de la obra de Spinoza esto le bastó para considerarme durante todos los días que duraron las sesiones como alguien a tener en cuenta. Quizás ahora que tengo mas tiempo me decida a leer uno de los trabajos de este filosofo aunque debo reconocer que no es este campo el que mas me apasiona.

La segunda anécdota entrañable me ocurrió años después en otra participación de otro grupo de trabajo también organizado por la OIEA sobre restauración de lugares contaminados. En esta ocasión asistíamos dos personas del proyecto INDALO y en la exposición realizada por el miembro de Kazajstán, al referirse a sus futuros trabajos quiso hacer alusión a algunos de nuestros experimentos y me nombro como Miss Palomares, este apellido hizo dibujar una sonrisa en el grupo de asistentes y yo complacida exprese mi aquiescencia con una leve inclinación de cabeza y una sonrisa. Desde ese momento y durante todo el tiempo de trabajo ese fue mi apellido que yo recuerdo con orgullo y agrado.

Durante este largo periodo,, el trato personal con mis compañeros se podría definir mas que como un camino de rosas como un camino de pétalos de rosas, descripción mas apropiada ya que las rosas son bonitas y tienen un aroma agradable pero en algunas ocasiones debido a las espinas pueden producir algo de daño. Con total sinceridad tengo que decir que la relación con mis compañeros ha sido siempre de aprecio e incluso cariño, y que el recuerdo que me deja es muy gratificante.

No quiero acabar sin mencionar la huella que ha dejado en mi el trato afable, desinteresado y desprendido de los habitantes de Palomares, que forma parte de los mejores recuerdos que tengo de todos estos años tratándolos.

Para concluir el balance de mi vida laboral comenzando en la entonces JEN actualmente CIEMAT ahora que llega su fin, yo lo calificaría de sobresaliente.

the fees for taking the necessary academic credits to earn a PhD (fortunately today the social benefits of the organization include aid to current PhD students to take these credits). In any event, being able to employ part of my working time and experience in CIEMAT to obtain a PhD in Physical Sciences is something I am deeply grateful for.

Over all the years working in the field of radiation protection, in the framework of project INDALO, I have had the opportunity to take part in several international research projects and to meet researchers from other countries, as well as to exchange interesting ideas with them. I have good memories of my involvement in working groups, projects and congresses, but at this time I would like to specifically mention two of them because of their human connotations.

I was participating for the first time in a working group organized by the International Atomic Energy Agency (IAEA) in Vienna on dose estimation, and at the end of the first session one of the participants came up to me and asked if I was in any way related to Baruch Spinoza, to which I responded in mediocre English: "do you mean the Sephardi philosopher?" My surname is similar but it is written with an 's'. The person who asked me the question must have been surprised, and possibly very impressed, to find a researcher who was knowledgeable about philosophy, although I must admit that my knowledge of this subject was limited to what I had studied in sixth year high school and that I only remembered that Spinoza was a Pantheist and a Sephardi and to a certain extent can be considered as the father of Pantheism in its purest form. But for my questioner, who turned out to be an admirer and reader of Spinoza's work, that was enough to consider me for the rest of the time the sessions lasted as someone to be listened to. Perhaps now that I have more time, I will decide to read one of the works of this philosopher, although I must admit that it is not my favorite field.

The second anecdote happened to me years later after taking part in another working group also organized by the IAEA on rehabilitation of contaminated sites. On that occasion, two of us from project INDALO were attending and in the presentation of the member from Kazakhstan, on referring to his future work, he wanted to make mention of some of our experiments and he called me Miss Palomares. That surname made the group of attendees smile and I, amused, gave a slight nod of my head and smiled to indicate my acquiescence. From that time on, that was my surname which I remember with pride and pleasure.

During that long period of time, the personal contact with my colleagues could be defined, more than as a bed of roses, as a bed of rose petals. This is a more appropriate description because roses are beautiful and have a wonderful smell but sometimes, because of their thorns, they can hurt you. I can sincerely say that the relationship with my colleagues has always been one of appreciation and even friendship, and I'm left with fond memories.

I do not want to conclude without mentioning the mark left on me by the friendly, disinterested and generous residents of Palomares, who have given me some of the best memories I have of those years.

To conclude, now that my professional career in the former JEN, currently CIEMAT, has come to an end, I would qualify it as outstanding.

TRADITIONAL CONSTRUCTION FOR A SUSTAINABLE FUTURE

Carole Ryan

Edita: Spon Press (2011)

Lengua: inglesa - 384 páginas

ISBN: 978-0415467575



Excepto en muy raras ocasiones, casi reservadas a enclaves rurales, los métodos tradicionales de construcción han caído en desuso. Sin embargo, recientes estudios muestran su idoneidad para resolver, muy comprobada y fiablemente, múltiples problemas constructivos actuales desde un enfoque ambiental.

La autora, antes de analizar sus ventajas ecológicas y su salubridad, nos describe las razones económicas, culturales y de adaptación al entorno que motivaron la arquitectura tradicional. También analiza con detalle científico los materiales clásicos que se emplearon, en agudo contraste con los modernos, basados mayoritariamente en la petroleoquímica. La obra evidencia que muchas características, como la ventilación natural y la capacidad de las paredes para “respirar”, de los edificios antiguos no sólo los hacían más sostenibles ambientalmente, sino que también impedían el moderno “síndrome de edificio enfermo”. Por otro lado, Ryan argumenta que la construcción con vistas a la larga duración, en oposición al concepto de obsolescencia, es un eje de la sostenibilidad que permite a la construcción tradicional luchar contra el calentamiento global.

Más de 250 fotografías y cincuenta diagramas ilustran distintos aspectos de las técnicas y las características de la construcción antigua. Y, al incluir un caso de estudio, comparándolo con la actual legislación británica en materia constructiva, hace de este libro una guía práctica para los profesionales y una fuente autorizada para estudiantes y legisladores. ■

CLIMATE IMPACTS ON ENERGY SYSTEMS

Jane Ebinger y Walter Vergara

Edita: The World Bank (2011) - Lengua: Inglesa - 225 páginas

ISBN: 978-08-2138-697-2



En el campo energético se está librando una encarnizada lucha para detener y disminuir las emisiones de gases con efecto invernadero, principalmente de CO₂. Sin embargo, la biosfera ya está dañada y, por ello, se esperan efectos inevitables y cada vez más nocivos sobre el clima. La demanda estacional de energía y otros recursos se verá, pues, cada vez más afectada por los cambiantes modos

de vida y las alteraciones interanuales, muchas veces extremas, de los parámetros climáticos en diversas regiones del planeta.

Adaptarse constituye una exigencia, un factor esencial que deberá asumirse junto con los demás riesgos, no cabiendo prescindir de los efectos del clima emergente al diseñar, construir, operar y mantener las infraestructuras energéticas. Asimismo,

ESTUDIOS SOBRE PARQUES EÓLICOS

Eva Blasco Hedo, Celia María Gonzalo Miguel, José Martínez

Sánchez, Ana María Barrena Medina y Berta Marco Ciria

Edita: Aranzadi-Thomson Reuters (2011)

Lengua: castellana - 203 páginas

ISBN: 978-84-9903-755-4



La implantación de aerogeneradores, una de las fuentes renovables menos contaminantes para producir energía eléctrica, ha experimentado en España un crecimiento espectacular en la última década. Sin embargo, la construcción de parques eólicos plantea apasionantes conflictos debido a la confluencia de intereses económicos y ambientales contrapuestos que la legisla-

ción trata de armonizar, como evidencian las reflexiones que se recogen en esta obra, presentada por el Prof. Rosa Moreno, prestigioso experto en derecho ambiental, ámbito donde es pionero en nuestro país.

¿De qué manera puede contribuir la energía eólica en la sostenibilidad de la biosfera sin abandonar el desarrollo económico y social, tal como nos propone el modelo de crecimiento sancionado en la reciente Ley de Economía Sostenible? Las respuestas nunca son sencillas en un mundo complejo. No obstante los autores de esta obra, cinco investigadores del CIEDA-CIEMAT, jóvenes juristas comprometidos con la sostenibilidad, tratan de abordarlas desde la perspectiva de derecho ambiental, con claridad, seriedad y rigor, a través de un estudio que resultará útil tanto al lector interesado en cuestiones ambientales como al estudioso en esta materia. ■

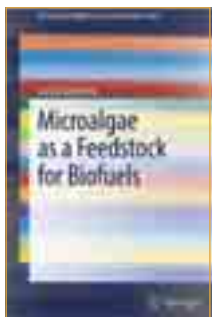
para equilibrar los efectos del cambio climático y armonizar las acciones dentro y a través de cada subsistema será crítica la planificación global basada en la evaluación de riesgos. Sin duda, el conocimiento y la voluntad facilitarán la adaptación del ámbito energético a los cambios por venir. Empero, aún faltan muchos conocimientos básicos, las necesidades de información son complejas y, hasta cierto punto, regional y sectorialmente, muy específicas.

Este informe, que es un compendio actualizado de cuanto se conoce sobre la variabilidad meteorológica, las proyecciones futuras y sus efectos sobre la demanda y la provisión de energía, no sólo examina nuevas prácticas y herramientas para tratar estos efectos, integrando los factores climáticos en la planificación de procesos y prácticas operacionales en un entorno de incertidumbre, sino también plantea cómo debiera adaptarse el ámbito energético a los cambios. El informe, que además es una vasta revisión de la mejor bibliografía científica disponible, constituye una prospectiva de la evolución del mundo. ■

PUBLICACIONES Y CURSOS

MICROALGAE AS A FEEDSTOCK FOR BIOFUELS

Luisa Gouveia
 Edita: Springer (2011) Colección: Briefs in Microbiology
 Lengua: Inglesa - 76 páginas
 ISBN: 978-3-642-17996-9



Luisa Gouveia nos proporciona con esta obra una concisa revisión del potencial de las microalgas en el ámbito de la producción de biocombustibles. Para ello examina múltiples y relevantes temas: ¿qué ventajas tienen las microalgas respecto de la biomasa convencional para producir biocombustibles?, ¿qué procesos tecnológicos se requieren para ello?, ¿cómo producir microalgas?, ¿qué

estrategias de cultivo de microalgas son más pertinentes y cuáles son los principales parámetros de cultivo?, ¿qué tecnologías son más eficaces para cosechar microalgas?... Naturalmente, no se olvida de discutir los aspectos económicos de la producción de biocombustibles a partir de microalgas (análisis de ciclo de vida, estrategias para la biorrefinería de algas, etc.) y los ecológicos (secuestro de CO₂ y sostenibilidad ambiental). Merece la pena destacar el análisis de las perspectivas futuras que plantea esta autora en el capítulo dedicado a las conclusiones. ■

ACTUALIDAD JURÍDICA AMBIENTAL

Edita: CIEDA-CIEMAT (2011)
 ISSN: 1989-5666



Desde abril de 2011, el CIEMAT, a través de su Centro Internacional de Estudios de Derecho Ambiental, ha asumido la dirección editorial de Actualidad Jurídica Ambiental (AJA), una de las más reputadas revistas online en el ámbito del derecho ambiental.

Gratuita y con un soporte innovador, que redundará en la inmediatez de su difusión, AJA resulta un instrumento imprescindible para divulgar el conocimiento en esta rama del ordenamiento jurídico, no suficientemente conocida y caracterizada por su dinamismo y complejidad.

Se ha estructurado en cinco apartados: “Actualidad” –con noticias breves–, “Legislación al día” –que incluye disposiciones legales aprobadas en cualquiera de los ámbitos (europeo, estatal y autonómico)–, “Jurisprudencia al día” –para comentar resoluciones judiciales–, “Referencias doctrinales al día” –que revisa las publicaciones periódicas y las monografías más relevantes de la materia–, “Artículos” y “Comentarios breves”, con finalidad divulgativa e investigadora. ■

CURSOS segundo semestre 2011

ESPECIALIDAD	CURSOS	FECHA
Protección Radiológica www.ciemat.es E-mail: pr.tn@ciemat.es Telf.: 91 346 62 94 / 67 48	<ul style="list-style-type: none"> Supervisores de Instalaciones Radiactivas. Espectrometría Gamma. Dirigir / Operar Equipos de Rayos X de Radiodiagnóstico Médico. 	9 a 27 de mayo 6 a 10 de junio 17 al 21 de octubre
Tecnología Nuclear www.ciemat.es E-mail: pr.tn@ciemat.es Telf.: 91 346 62 94 / 67 48	<ul style="list-style-type: none"> Máster en Ingeniería Nuclear y Aplicaciones MNA-2010. Transporte de Material Radiactivo 	4 octubre 2010 a 29 junio 2011 14 a 18 noviembre
Energías Renovables www.ciemat.es E-mail: er.ma.bt@ciemat.es Telf.: 91 346 64 86 / 62 95	<ul style="list-style-type: none"> Caracterización de la Radiación Solar como Recurso Energético. Sistemas Solares de Concentración. Integración de la Energía Solar en Edificios. 	9 a 13 mayo 17 a 27 octubre 21 a 25 noviembre
Medio Ambiente www.ciemat.es E-mail: er.ma.bt@ciemat.es Tel.: 91 346 64 86 / 62 95	<ul style="list-style-type: none"> Introducción a la programación de GPU en CUDA. Procesos de Degradación y Recuperación de Suelos. Decontamination and Disinfection of Water and Air by Solar Advanced Oxidation Processes. 	4 a 8 julio 26 septiembre a 7 octubre 24 a 26 octubre
Biotechnología www.ciemat.es E-mail: er.ma.bt@ciemat.es Tel.: 91 346 64 86 / 62 95	<ul style="list-style-type: none"> Análisis Genético en Experimentación Animal. Citometría de Flujo. Criopreservación de Gametos y Embriones de Ratón. 	10 a 12 mayo 14 a 18 noviembre 18 noviembre
Aula Virtual www.ciemat.es Email: aulavirtual@ciemat.es Tel.: 91 346 08 93	<ul style="list-style-type: none"> Técnico en Prevención de Riesgos Laborales en Experimentación Animal - Nivel Básico. Modelización de la Contaminación Atmosférica. Técnico Experto en Protección Radiológica - Instalaciones Radiactivas. 	19 septiembre a 16 diciembre 19 septiembre a 16 diciembre 19 septiembre a 13 enero