



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

**DOCUMENTO FINAL**

**GRUPO DE TRABAJO  
TELEDETECCIÓN Y SENSORES MEDIOAMBIENTALES**



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

Cumbre del Desarrollo Sostenible

### PARTICIPANTES

#### Relatores

1. Nombre y apellidos ..... **Adolfo Comerón Tejero**  
Institución: ..... **Universidad Politécnica de Cataluña**
2. Nombre y apellidos: ..... **Fernando Davara Rodríguez**  
Institución: ..... **Director de la Fundación FUNCOAS de ASIMELEC**
3. Nombre y apellidos: ..... **Ramón Prats Vime**  
Institución: ..... **Director de Ingeniería de ADASA Sistemas**
4. Nombre y apellidos: ..... **Victoriano Moreno Burgos**  
Institución: ..... **Gerente de Sistemas de Teledetección de INDRA**

#### Colaboradores Técnicos

- Nombre y apellidos: ..... **Jesús Alpuente Hermosilla**  
Institución: ..... **Universidad de Alcalá**
- Nombre y apellidos: ..... **Martín Bastos Martín**  
Institución: ..... **Junta de Extremadura**
- Nombre y apellidos: ..... **José María Cámara Viejo**  
Institución: ..... **Ayuntamiento de Madrid**
- Nombre y apellidos: ..... **Daniel Carrasco Díaz**  
Institución: ..... **INDRA**
- Nombre y apellidos: ..... **Diego Cuasante**  
Institución: ..... **Blom Sistemas Geoespaciales**
- Nombre y apellidos: ..... **Juan Antonio Martínez Rojas**  
Institución: ..... **Universidad de Alcalá**



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

Nombre y apellidos: ..... **Alicia Meroño Baños**  
Institución: ..... **Aquaplan, S.A.**

Nombre y apellidos: ..... **Miquel Molina Peralta**  
Institución: ..... **Aquaplan, S.A.**

Nombre y apellidos: ..... **Marino Palacios Morera**  
Institución: ..... **INDRA**

Nombre y apellidos: ..... **Michaël Sicard**  
Institución: ..... **Universidad Politécnica de Cataluña**

**Coordinador**

Nombre y Apellidos: ..... **José Javier Martínez Vázquez**  
Institución: ..... **IIE. Comité de Ingeniería y Desarrollo Sostenible**



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

**ÍNDICE**

**INTRODUCCIÓN: LA CONVERGENCIA IP Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

*José J. Martínez Vázquez*  
*Coordinador del Grupo de Trabajo*

**SPALINET: RED ESPAÑOLA DE LIDARES DE AEROSOLES**

*M. Sicard, A. Comerón y otros.*  
*Universitat Politècnica de Catalunya*

**NUEVAS TENDENCIAS EN LA TECNOLOGÍA DE MEDIDA DE CALIDAD DE LAS AGUAS**

*R. Prats*  
*Director de Ingeniería. ADASA Sistemas*

**INVENTARIO FORESTAL MEDIANTE TECNOLOGÍA LIDAR**

*F. Davara (\*) y Diego Cuasante (\*\*).*  
*(\*) Director de la Fundación FUNCOAS de ASIMELEC*  
*(\*\*) Blom Sistemas Geoespaciales*

**BROWNFIELDS. DETECCIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS DEL TERRITORIO MEDIANTE TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA**

*Victoriano Moreno Burgos, Marino Palacios Morera y Daniel Carrasco Díaz*  
*INDRA ESPACIO*

**APLICACIÓN DE TÉCNICAS LÁSER NO INVASIVAS PARA EL ESTUDIO DE MADERAS**

*Juan Antonio Martínez Rojas, Jesús Alpuente Hermosilla y otros*  
*Universidad de Alcalá*

**DEFINICIÓN DE UN SISTEMA INTEGRAL PARA LA GESTIÓN Y CONTROL DE LA RED DE SANEAMIENTO: CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL Y CONTROL DE VERTIDOS**

*Alicia Meroño Baños y Miquel Molina Peralta*  
*AQUAPLAN, S.A.*

**REDES DE TELEFONÍA MÓVIL PARA PROTECCIÓN Y CONTROL MEDIOAMBIENTAL: CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD**

*José J. Martínez Vázquez*  
*Vocal de la AEIT en el Comité de Ingeniería y Desarrollo Sostenible. I.I.E.*



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

## RESUMEN DE CONTENIDO

### **INTRODUCCIÓN: LA CONVERGENCIA IP Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

*José Javier Martínez Vázquez*

*Coordinador del Grupo de Trabajo*

*Comité de Ingeniería y Desarrollo Sostenible del Instituto de la Ingeniería de España*

En el VIII Congreso Nacional del Medio Ambiente, hablábamos de la nueva Inteligencia Ambiental, que se definía como la interconexión de cientos quizás miles de pequeños dispositivos basados en microprocesador que reciben información de tarjetas sensibles, para la ejecución conjunta de una acción. Y añadíamos que el estado actual de los ambientes inteligentes está íntimamente ligado a los sistemas informáticos distribuidos y a los terminales móviles.

Nuevos campos de investigación como los Sistemas Biológicos Computacionales (*Computational Biology Systems, CBS*) o los Sistemas Biomiméticos Microelectrónicos Implantables en el cuerpo humano entran de lleno en el terreno de la Inteligencia Ambiental. Tanto los sistemas CBS como los microimplantes permitirán en un futuro inmediato sustituir órganos vitales por equipos electrónicos en unos casos o sistemas informáticos en otros. Los pacientes a la espera un donante podrán conectarse a un sistema que realice las mismas funciones que el órgano enfermo. Es más, el sistema no tiene porqué estar localizado en el mismo punto que el paciente. En contrapartida, las conexiones tendrán que ser extremadamente rápidas, transmitiendo gran cantidad de información en unas décimas de segundo.

Actualmente, las redes troncales o conexiones de red a nivel de la capa de enlace, tienden a utilizar el estándar ATM (Asynchronous Transfer Mode), que permite velocidades de transmisión elevadas. Por ejemplo, en redes SONET/SDH puede llegar a los 622 Mb/s. Este estándar ATM, presenta además la ventaja de ser independiente de la capa física o, dicho de otro modo, puede funcionar con cualquier tipo de enlace físico.



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

Cumbre del Desarrollo Sostenible

Sin embargo, las redes de área local (LAN) más extendidas son las de tipo Ethernet, estándar IEEE 802.3. Funcionan sobre par de cobre trenzado, cable coaxial o fibra óptica y pueden llegar a los 10 Gb/s de velocidad de transmisión, si bien su campo de aplicación no sobrepasa áreas con un radio de dos kilómetros. A pesar de esta limitación, las redes IEEE 802.3 han alcanzado un gran desarrollo y actualmente se encuentran instaladas en multitud de empresas, organismos e instituciones de todo tipo que abarcan ámbitos tan dispares como el universitario y el militar por citar dos ejemplos que pueden ser ampliamente conocidos. Además, las redes Ethernet tienen en común la utilización del protocolo IP a nivel de la capa de red.

En el escenario que se acaba de describir, el protocolo IP no sólo se impone como norma en este tipo de redes, sino que también es el origen de lo que se ha dado en llamar la *convergencia IP*. Mientras que ahora mismo, existe una infraestructura específica o dedicada para cada uno de los distintos servicios de telecomunicaciones, la *convergencia IP* significa la utilización de una infraestructura común de transmisión de datos para todos los servicios de telecomunicaciones: voz, datos y vídeo. Esto implica, entre otras cosas, que las comunicaciones de voz, tradicionalmente realizadas mediante el establecimiento de un circuito físico punto a punto previo encaminamiento de una llamada, pasarán a efectuarse a través de circuitos virtuales *enrutados* de forma sucesiva para la transmisión de paquetes de voz.

La *convergencia IP*, como aquí se ha puesto de manifiesto, está muy relacionada con las redes de telecomunicaciones en general y con las redes de protección y control de nuestro medio ambiente en particular. A corto plazo, redundará en una mayor facilidad para la explotación y el mantenimiento de las mencionadas redes, puesto que pueden utilizarse infraestructuras de red ya existentes y la supervisión de las instalaciones puede llevarse a cabo desde cualquier localización geográfica enlazada vía IP con los equipos de telemando y control. A medio y largo plazo, por unificación de criterios y utilización de un equipamiento homogéneo, la *convergencia IP* traerá un notable abaratamiento de los costes de instalación.

Las redes de telefonía móvil no son ajenas a la *convergencia IP*. En el caso de la segunda generación, el trasiego de datos a velocidades aceptables para transmitir imágenes, se hace mediante técnicas complementarias como EDGE o GPRS que conforman lo que se ha denominado 2,5 G. Pues bien, los datos transmitidos en GSM por estos sistemas se canalizan a través de una red IP. La tercera generación no sólo es compatible con este esquema sino que está prevista una migración o convergencia gradual de los sistemas UMTS, también denominados 3G, hacia una red totalmente basada en el protocolo IP. El estándar UMTS, conlleva, además de la *convergencia IP*,



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

Cumbre del Desarrollo Sostenible

menores potencias de utilización en estaciones base y terminales móviles. Supone por tanto, un paso adelante en lo que ha sido hasta ahora el auténtico caballo de batalla de este tipo de instalaciones en lo referente a su relación con el medio ambiente.

A pesar de la brevedad de este análisis, podría concluirse que la *convergencia IP* es algo más que un mero avance en el ámbito de lo estrictamente tecnológico para trascender al terreno medioambiental como una tecnología sostenible y, en consecuencia, parece aconsejable su desarrollo e implantación.



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

**SPALINET: LA RED ESPAÑOLA DE LIDARES DE AEROSOLES**

*M. Sicard<sup>1</sup>, F. Rocabosch<sup>1</sup>, C. Muñoz<sup>1</sup>, S. Tomás<sup>1</sup>, A. Comerón<sup>1</sup>  
M. Pujadas<sup>2</sup>, F. Moleró<sup>2</sup>  
L. Alados-Arboledas<sup>3</sup>, J.L. Guerrero-Rascado<sup>3</sup>  
J. A. Martínez-Lozano<sup>4</sup>, R. Pedrós<sup>4</sup>  
J. P. Díaz<sup>5</sup>, F. J. Expósito<sup>5</sup>  
M. Gifé<sup>6</sup>, C. Córdoba-Jabonero<sup>6</sup>  
A. Requena<sup>7</sup>, J. M. Bolarín<sup>7</sup>  
J. M. Moreno<sup>8</sup>*

<sup>1</sup> *Dept. of Signal Theory and Communications, Remote Sensing Lab. (RSLAB),  
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), c/ Jordi Girona, 1-3, Edif. D4-010,  
08034 Barcelona, Spain; E-mail: msicard@tsc.upc.edu*

<sup>2</sup> *Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas  
(CIEMAT), Madrid, Spain*

<sup>3</sup> *Grupo de Física de la Atmósfera, CEAMA, Universidad de Granada – Junta de  
Andalucía, Granada, Spain*

<sup>4</sup> *Dept. of Earth Physics and Thermodynamics, Facultad de Física, Universidad  
de Valencia, Valencia, Spain*

<sup>5</sup> *Dept. of Fundamental Physics, Universidad de La Laguna, La Laguna, Spain*

<sup>6</sup> *Dept. of Earth Observation, Remote Sensing and Atmosphere, Instituto  
Nacional de Técnica Aeroespacial, Torrejón de Ardoz, Spain*

<sup>7</sup> *Depto de Química Física, Facultad de Química, Universidad de Murcia,  
Campus de Espinardo, Murcia, Spain*

<sup>8</sup> *Dept. of chemistry and Environment Engineering, Universidad Politécnica de  
Cartagena, Cartagena, Spain*

La caracterización de la atmósfera no sólo en una escala horizontal, sino también vertical, es un valor añadido importante para los modelos de dispersión de los contaminantes y los modelos de predicción del tiempo. Esta información se puede conseguir mediante medidas lidar (radar láser). Lidares embarcados a bordo de satélites (como GLAS, a bordo de ICESAT<sup>[1]</sup> (2003), o CALIOP, a bordo de CALIPSO<sup>[1]</sup> (2006)) ofrecen una cobertura especial global pero con tiempo de revisita de unos 10 días. Las redes coordinadas de lidares terrestres ofrecen



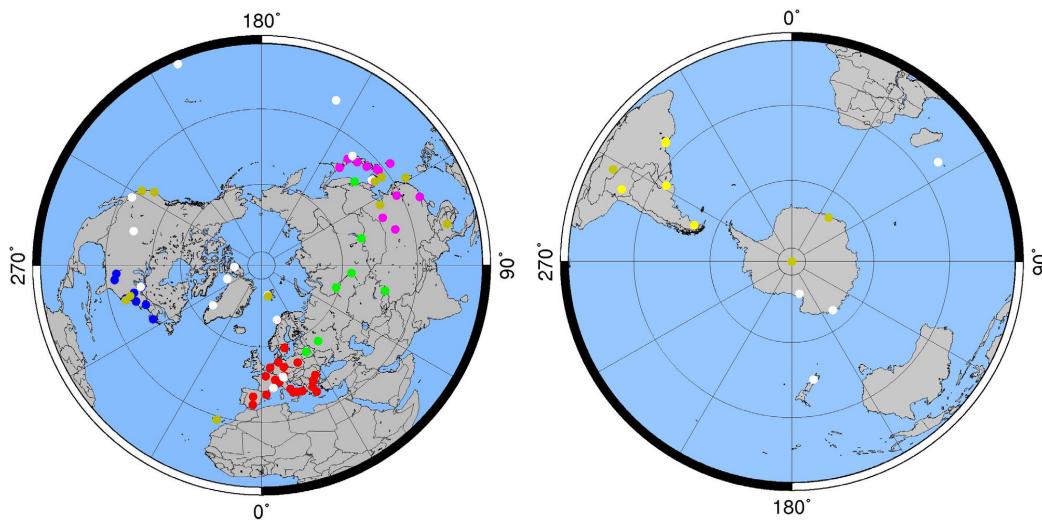


## Congreso Nacional del Medio Ambiente

### Cumbre del Desarrollo Sostenible

simultáneamente la alta resolución temporal y vertical de cada estación y el muestreo espacial de la zona geográfica cubierta. A través del mundo existen en estos momentos unas siete redes internacionales de lidares. La Figura 1 muestra la distribución geográfica de estas redes. Una carencia importante de estaciones se ve en África, Australia y en Latino America.

**En julio de 2004 la red europea de lidares EARLINET<sup>[1]</sup>** (A European Aerosol Research Lidar Network to Establish an Aerosol Climatology) se constituyó como una asociación voluntaria de instituciones de investigación con interés específico en la investigación sobre aerosoles atmosféricos. Las estaciones miembros de EARLINET estén representadas por círculos rojos en la Figura 2. Tres grupos españoles (el grupo lidar del Departamento de **Teoría de la Señal y Comunicaciones de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)**, del **Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)** y del Grupo de Física Atmosférica del Centro Andaluz de Medio Ambiente (Junta de Andalucía, Universidad de Granada)) son miembros de la asociación.



**Fig. 1. Redes internacionales de lidares en el hemisferio norte (izquierda) y sur (derecha).**

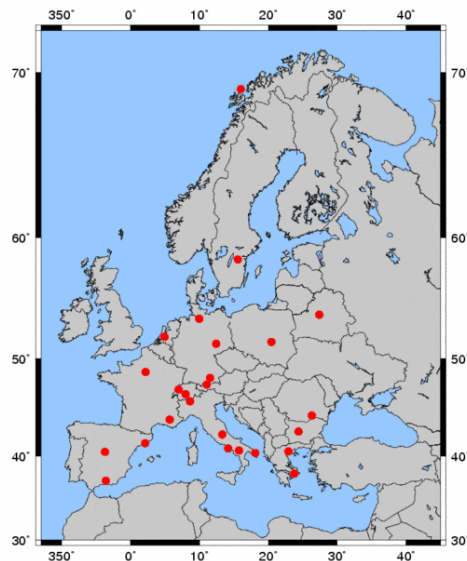
Para extender y reforzar la acción de la asociación EARLINET como un instrumento de observación líder en el ámbito mundial en la determinación de la distribución espacio-temporal de los aerosoles a escala continental, el proyecto EARLINET-ASOS (European Aerosol Research Lidar Network: Advanced Sustainable Observation System) en forma de “co-ordination action” dentro del VI Programa



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

### Cumbre del Desarrollo Sostenible

Marco de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Unión Europea empezó en marzo de 2006.



**Fig. 2. Distribución geográfica de las 25 estaciones lidar miembros de EARLINET.**

SPALINET (Spanish Lidar Network, [www.lidar.es/spalinet/](http://www.lidar.es/spalinet/)), la red española de lidares, se creó en enero 2007 con 8 miembros repartidos en la Península y las islas canarias y se propone reforzar y complementar la consecución de los objetivos de EARLINET-ASOS en los siguientes aspectos:

- Mantener el control de calidad de las estaciones lidar españolas y portuguesas al nivel más alto posible mediante la difusión de buenas prácticas de control y operación de los sistemas, así como la verificación “extremo a extremo” de las prestaciones.
- Establecer normas comunes para instrumentos lidar avanzados, que permitan mejorar la cobertura temporal, los procedimientos de operación, el proceso de



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

### Cumbre del Desarrollo Sostenible

los datos y la recuperación de los parámetros ópticos, microfísicos, etc... de interés.

- Establecer normas para el formato de los datos para facilitar el acceso interno y externo a los mismos (por ejemplo, por parte de investigadores de la atmósfera, modelizadores del clima a escala regional o global, utilizadores de datos de satélites, etc...).
- Servir de núcleo inicial para el desarrollo de la comunidad española y portuguesa de lidares e incentivar la participación en ella para mejorar la cobertura espacial de medidas verticales de aerosoles en el territorio español y portugués ayudando a superar una de las carencias en la implantación geográfica de EARLINET.

Los 8 miembros actuales de la red son (las 3 primeras letras en los paréntesis es la abreviación del nombre de la estación lidar):

- Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. El instrumento está situado en Barcelona (BAR, 41.39N, 2.11E, 115 m asl).
- Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas, Madrid. El instrumento está situado en Madrid (MAD, 40.46N, 3.72W, 665 m asl).
- Universidad de Granada, Granada. El instrumento está situado en Granada (GRA, 37.18N, 3.58W, 680 m asl).
- Universidad de La Laguna, La Laguna. El instrumento está situado en La Laguna (LLA, 28.48N, 16.32W, 550 m asl).
- Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, Torrejón de Ardoz. El instrumento está situado en Santa Cruz de Tenerife (SCT, 28.47N, 16.23W, 52 m asl).
- Universidad de Valencia, Valencia. El instrumento está situado en Valencia (VAL, 39.5N, 0.38W, 40 m asl).
- Universidad de Murcia, Murcia. El instrumento está situado en Murcia (MUR, 38.02N, 1.15W, 90 m asl).
- Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena. El instrumento está situado en Cartagena (CAR, 37.37N, 0.57W, 5 m asl).

A continuación en la Figura 3 se visualiza la distribución de las estaciones lidar que forman la red SPALINET.



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible



**Fig. 3. Distribución geográfica de las estaciones lidar miembros de SPALINET.**

Tabla 1 presenta las principales características de los sistemas que pertenecen a SPALINET. Durante el primer y el segundo año se llevaron a cabo la comparación de sistemas y de algoritmos, respectivamente.

|                     | Unidades | Estación lidar |            |                          |                  |                         |                                         |             |                    |
|---------------------|----------|----------------|------------|--------------------------|------------------|-------------------------|-----------------------------------------|-------------|--------------------|
|                     |          | BAR            | MAD        | GRA                      | LLA              | SCT                     | VAL                                     | MUR         | CAR                |
| Modelo lidar        | -        | laboratory     | laboratory | Raymetrics<br>LR321-D400 | Eridan<br>LSA-2c | SES Inc.<br>MPL-3       | CIMEL<br>Electr.<br><br>CAML<br>CE370-2 | laboratory  | Elight<br><br>UV11 |
| Elástico<br>IR 1064 | mJ       | <b>160</b>     | -          | <b>110</b>               | 100              | -                       | -                                       | <b>1000</b> | -                  |
| Elástico<br>VIS 532 | mJ       | <b>160</b>     | <b>100</b> | <b>65<sup>a</sup></b>    | <b>50</b>        | <b>0.01<sup>b</sup></b> | <b>0.004</b>                            | <b>500</b>  | -                  |



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

|                              |          | Estación lidar |           |           |      |      |      |           |      |
|------------------------------|----------|----------------|-----------|-----------|------|------|------|-----------|------|
|                              | Unidades | BAR            | MAD       | GRA       | LLA  | SCT  | VAL  | MUR       | CAR  |
| Elástico<br>UV 266           | mJ       | -              | -         | -         | -    | -    | -    | 110       | -    |
| Elástico<br>UV 390-399       | mJ       | -              | -         | -         | -    | -    | -    | Si        | Si   |
| Elástico<br>UV 255-290       | mJ       | -              | -         | -         | -    | -    | -    | Si        | Si   |
| Raman<br>VIS 607             | -        | <b>Si</b>      | <b>Si</b> | -         | -    | -    | -    | Si        | -    |
| Raman<br>UV 387              | -        | -              | -         | <b>Si</b> | -    | -    | -    | <b>Si</b> | -    |
| Raman<br>UV 407 (WV)         | -        | -              | -         | <b>Si</b> | -    | -    | -    | <b>Si</b> | -    |
| PRF                          | Hz       | 10             | 20        | 10        | 10   | 2500 | 4600 | 10        | 20   |
| Capacidad de escaneo         | -        | Si             | Si        | No        | Si   | Si   | No   | Si        | Si   |
| Sistema transportable        | -        | Si             | Si        | Si        | No   | Si   | Si   | No        | Si   |
| Altura de solapamiento total | km       | ~0.4           | ~0.4      | ~0.3      | ~0.3 | ~1.5 | ~1   | ~2        | ~0.3 |
| Rango máximo                 | km       | 50             | 15        | 120       | 10   | 60   | 5    | 50        | 5    |

**Tabla 1. Características de los sistemas de SPALINET. El superíndice a indica que se detectan las dos componentes polarizadas según p- y s-. El superíndice b indica que la longitud de onda no es exactamente 532 nm sino 523 nm. Los números en negrita indican las longitudes de onda comparadas durante las campañas de medida descritas en el objetivo 2 de este apartado.**



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

### Cumbre del Desarrollo Sostenible

Un primer trabajo de de preparación ha permitido establecer una metodología de comparación de los sistemas y definir los parámetros de interés<sup>[IV], [V]</sup>. Las campañas consistieron en medidas de entre 3 a 5 días de duración con el horario siguiente:

- Longitud de onda elástica: 0800-2000 UTC, ciclo diurno de perfiles integrados sobre 10 minutos con 1 minuto de resolución.
- Longitud de onda Raman: a partir de las 2130 UTC, 1 perfil integrado sobre 120 minutos con 1 minuto de resolución.

Durante el periodo 1/1/2007 - 30/6/2008 se han llevado a cabo cuatro campañas de medida donde se han comparado siete de los ocho sistemas de la red y seis longitudes de onda tal como lo indican los números en negrita de la Tabla1. Están resumidas en la Tabla 2.

|                                                   | Estación lidar                                         |                                       |                                                                                           |                     |                     |                     |                                                                                           |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | BAR                                                    | MAD                                   | GRA                                                                                       | VAL                 | LLA                 | SCT                 | MUR                                                                                       |
| El Arenosillo<br>(37.10N, 6.70W)<br>28/6-2/7/2006 | Si<br>$\beta_{532}$ , $\beta_{1064}$<br>$\alpha_{532}$ | Si<br>$\beta_{532}$<br>$\alpha_{532}$ | Si<br>$\beta_{532}$ , $\beta_{1064}$                                                      | Si<br>-             |                     |                     |                                                                                           |
| Barcelona<br>(41.39N, 2.11E)<br>6-8/2/2007        | Si<br>$\beta_{532}$                                    |                                       |                                                                                           | Si<br>$\beta_{532}$ |                     |                     |                                                                                           |
| La Laguna<br>(28.47N, 16.32W)<br>24-28/6/2007     | Si<br>$\beta_{532}$                                    |                                       |                                                                                           |                     | Si<br>$\beta_{532}$ | Si<br>$\beta_{523}$ |                                                                                           |
| Murcia<br>(38.02N, 1.15W)<br>26-30/5/2008         |                                                        |                                       | Si<br>$\beta_{532}$ , $\beta_{1064}$ , $\beta_{355}$<br>PR <sup>2</sup> a 387 y<br>408 nm |                     |                     |                     | Si<br>$\beta_{532}$ , $\beta_{1064}$ , $\beta_{355}$<br>PR <sup>2</sup> a 387 y<br>408 nm |

**Tabla 2. Campañas de comparación de sistemas, sistemas involucrados y parámetros comparados. El acrónimo PR<sup>2</sup> se refiere a la potencia corregida del rango al cuadrado.**

El enriquecimiento ganado in situ durante estas campañas fue muy importante. Ha permitido mejorar los conocimientos de cada grupo así como la calidad de las prestaciones de cada estación. Se destacan los siguientes puntos:

- El conocimiento de los márgenes dinámicos de los detectores.
- La estabilización de la cadena electrónica.



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

- La estabilización y corrección del factor de solapamiento.
- El cálculo correcto de la señal de fondo.
- El uso apropiado de técnicas de smoothing.

Los resultados de las 3 primeras campañas de comparación están resumidos en la Tabla 3. *Coincidencias* corresponde al número de perfiles que coinciden en tiempo (con una diferencia de +/- 5 minutos) con los demás instrumentos;  $\Delta h_{mean}$  corresponde al promedio del intervalo en altura utilizado para hacer las comparaciones;  $AOT_{min} - AOT_{max}$  corresponden a los valores de espesor óptico mínimo y máximo medidos por fotómetros solares.

El éxito de las inversiones se basa en la comparación de las desviaciones absolutas (máximo valor permitido por EARLINET:  $0.5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1} \cdot \text{sr}^{-1}$ ) y de las desviaciones relativas (máximo valor permitido por EARLINET: 20 % para la desviación media y 25 % para la desviación estándar a 532 nm; y 30 % para ambas desviaciones a 1064 nm) calculado sobre los perfiles de retrodispersión. El resultado es muy satisfactorio pues la totalidad de las estaciones consiguen un alto porcentaje de éxito.

| Estación lidar<br>$\lambda$ (nm) | MAD<br>532  | GRA<br>532  | GRA<br>1064 | VAL<br>532  | LLA<br>532 | SCT<br>523 |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|
| Coincidencias                    | 59          | 59          | 59          | 24          | 33         | 33         |
| Inversiones realizadas           | 13          | 13          | 10          | 15          | 14         | 14         |
| $\Delta h_{mean}$ (m)            | 1275        | 1275        | 1275        | 1353        | 2135       | 2135       |
| $AOT_{min} - AOT_{max}$          | 0.14 - 0.32 | 0.14 - 0.32 | 0.06 - 0.11 | 0.11 - 0.39 | 0.03 - 0.1 | 0.03 - 0.1 |
| Inversiones con éxito            | 10          | 8           | 8           | 8           | 9          | 10         |

**Tabla 3. Resultados de las comparaciones.**

El sistema de Cartagena no pudo acudir a la última campaña de comparación que tuvo lugar en Murcia pues el sistema seguía teniendo problemas con el láser. Se compararon entre sí 5 longitudes de onda entre los sistemas de Granada y de Murcia. La comparación de los perfiles de retrodispersión del sistema de Murcia a las tres longitudes de onda elásticas no fue satisfactoria pues las desviaciones con el sistema de Granada eran mucho mayores que los valores máximos permitidos. Se estableció la siguiente lista de problemas y de posibles soluciones:



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

### Cumbre del Desarrollo Sostenible

- Corrección errónea del ángulo de apuntamiento (efecto: vector de altura erróneo). Solución: utilizar un inclinómetro.
- El “full overlap” ocurre a alturas del orden de 2 km. Solución: acercar emisión y recepción, o cambiar de configuración.
- Señales débiles en la troposfera libre justo por encima de la capa límite (efecto: cálculo erróneo del background y imposibilidad de invertir). Solución: dividir la adquisición en varias regiones para aumentar la sensibilidad en cada región.
- Smoothing aplicado (efecto: genera errores en la inversión).
- Potencia no optimizada a longitudes de onda distintas de 355 nm. Solución: fuente láser.
- Tubo fotomultiplicador no adaptado a 1064 nm. Solución: separar espectralmente e instalar un nuevo detector.
- Tubo fotomultiplicador saturado a baja altura a 532 nm. Solución: utilizar un filtro interferencial adecuado.
- En los canales Raman, preferir el modo contador de fotones respecto a análogo.

Durante el segundo año de SPALINET se realizó una comparación de algoritmos de inversión elásticos<sup>[VI]</sup>. Todos los grupos excepto Cartagena invirtieron con su propio algoritmo perfiles de coeficientes de retrodispersión de los aerosoles a 355, 532 y 1064 nm a partir de perfiles de señales lidar simulados para dos condiciones atmosféricas y en tres situaciones de conocimiento de la atmosfera. En todas las situaciones se suministraron los perfiles de señales lidar simulados y:

- Situación 1: No información adicional.
- Situación 2: El perfil de lidar ratio a todas las longitudes de onda.
- Situación 3: El perfil de lidar ratio y el valor del coeficiente de retrodispersión de los aerosoles a la altura de calibración, y eso a todas las longitudes de onda.

La comparación de los perfiles de coeficientes de retrodispersión demostró que el efecto del valor de referencia a la altura de calibración era despreciable. En la situación 3 y para el segundo modelo atmosférico, el más realista, el error relativo en la región con





## Congreso Nacional del Medio Ambiente

### Cumbre del Desarrollo Sostenible

aerosoles [0.3075 – 3.0075 km] y para todos los grupos es para 355, 532, y 1064 nm aproximadamente 0.9, 0.9, y 0.22 %, respectivamente. En las situaciones 1 y 2 esos errores valían 9.7, 5.6 y 4.9 %, y 0.9, 1, y 0.22 %, respectivamente. La comparación de algoritmos resultó finalmente muy satisfactoria.

De cara al futuro, SPALINET quiere mantener los niveles de calidad que ha ido controlando durante los dos primeros años de existencia de la red. Se incorporarán dos nuevos miembros ubicados en el oeste de la Península Ibérica: el Centro de Geofísica de Évora y la Universidad de Algarve. La red pretende además actuar como un único interlocutor en campañas de medida tanto nacionales como internacionales. En un futuro relativamente cerca, a parte de las medidas vinculadas al proyecto EARLINET, se está planteando una participación en el proyecto ChArMEX<sup>[VII]</sup> (Chemistry-Aerosol Mediterranean Experiment).

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está financiado por la Unión Europea y fondos FEDER por el proyecto EARLINET-ASOS (EU Coordination Action, contract nº 025991 (RICA)), y el proyecto titulado “Technology development programme towards a European Extremely Large Telescope” (EU Specific Support Action, contract nº 011863 (RIDS)); por la Agencia Espacial Europea por el proyecto 21487/08/NL/HE; por el MICIIN y fondos FEDER por el proyecto TEC2006-07850/TCM, y las Acciones Complementarias CGL2008-01330-E, CGL2007-28871-E/CLI, CGL2006-27108-E/CLI, CGL2006-26149-E/CLI, CTM2006-27154-E/TECNO y CGL2005-5131-E. M. Sicard agradece al MICIIN por su posición de investigador Ramón y Cajal.

#### REFERENCIAS

- [I] H. J. Zwally, B. Schutz, W. Abdalati, J. Abshire, C. Bentley, A. Brenner, J. Bufton, J. Dezio, D. Hancock, D. Harding, T. Herring, B. Minster, K. Quinn, S. Palm, J. Spinhirne and R. Tomas, “ICESat's laser measurements of polar ice, atmosphere, ocean, and land”, *Journal of Geodynamics*, 34 (3-4), 405-445, 2002.D.
- [II] D. Winker, W. Hunt and M. McGill (2007), “Initial performance assessment of CALIOP”, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L19803, doi:10.1029/2007GL030135.



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

- [III] J. Bösenberg, A. Ansmann, J. M. Baldasano, D. Balis, C. Böckmann, B. Calpini, A. Chaikovsky, P. Flamant, A. Hågård, V. Mitev, A. Papayannis, J. Pelon, D. Resendes, J. Schneider, N. Spinelli, T. Trickl, G. Vaughan, G. Visconti and M. Wiegner, "EARLINET: A European aerosol research lidar network", in *Advances in Laser Remote Sensing of the Atmosphere*, A. Dabas, C. Loth and J. Pelon, Eds., Edition Ecole Polytechnique, Palaiseau, pp. 155-158, 2001.
- [IV] V. Matthias, J. Bösenberg, V. Freudenthaler, A. Amodeo, D. Balis, A. Chaikovsky, G. Chourdakis, A. Comeron, A. Delaval, F. De Tomasi, R. Eximann, A. Hågård, L. Komguem, S. Kreipl, R. Matthey, I. Mattis, V. Rizi, J. A. Rodríguez, V. Simeonov and X. Wang, "Aerosol lidar intercomparison in the framework of the EARLINET project. 1. Instruments", *Appl. Opt.*, 43, 961-976, 2004.
- [V] M. Sicard, A. Comerón, F. Molero, J. L. Guerrero-Rascado, R. Pedrós, F. Javier Expósito, C. Córdoba-Jabonero, F. Rocadenbosch, M. Pujadas, L. Alados-Arboledas, J. A. Martínez-Lozano, J. P. Díaz, M. Gil, J. M. Bolarín, J. M. Moreno, A. Requena, "SPALINET: The Spanish lidar network. Results from the first year: system intercomparison", in Proc. ILRC vol. 2, Organizing Committee of the 24th International Laser Radar Conference, (Eds.), (2008), ISBN 978-0-615-21489-4, pp. 738-741, Boulder, EE.UU., 23 - 27 junio de 2008.
- [VI] C. Böckmann, U. Wandinger, A. Ansmann, J. Bösenberg, V. Amiridis, A. Boselli, A. Delaval, F. De Tomasi, M. Frioud, I. Videnov Grigorov, A. Hågård, M. Horvat, M. Iarlori, L. Komguem, S. Kreipl, G. Larchevêque, V. Matthias, A. Papayannis, G. Pappalardo, F. Rocadenbosch, J. A. Rodrigues, J. Schneider, V. Shcherbakov, M. Wiegner, "Aerosol lidar intercomparison in the framework of the EARLINET project. 2. Aerosol backscatter Algorithms", *Appl. Opt.*, 43, 977-989, 2004.
- [VII] F. Dulac, J.-L. Attié, G. Bergametti, A. Borbon, J.-P. Cammas, L. Coppola, O. Dubovik, P. Durand, C. Flamant, F. Gheusi, C. Guieu, L. Li, C. Liousse, M. Mallet, N. Marchand, C. Mari, V.-H. Peuch, F. Ravetta, K. Sartelet, J. Sciare, D. Tanré, S. Turquety, "The ChArMEx (Chemistry Aerosol Mediterranean Experiment) initiative", 2nd International HyMeX Workshop, Palaiseau, 2-4 June 2008.



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

## **INVENTARIOS FORESTALES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA LIDAR.**

***F. Davara Rodríguez (\*) y Diego Cuasante (\*\*)***

***(\*) [f.davara@asimelec.es](mailto:f.davara@asimelec.es); Fundación FUNCOAS. Madrid***

***(\*\*) [dcuasante@blom.es](mailto:dcuasante@blom.es); Blom Sistemas Geoespaciales. Madrid***

Entre los diversos desastres medioambientales que se suceden en nuestros días se incluyen aquellos que provocan la deforestación o degradación de los sistemas boscosos del planeta. Este tipo de desastres, causados a veces por fenómenos naturales, pero fundamentalmente por la mano humana (incendios, talas indiscriminadas, efectos de pesticidas y otros contaminantes, etc.), conllevan efectos adversos, importantes no solamente para las zonas afectadas, sino también para toda la Tierra.

Destacan entre sus secuelas negativas el aumento de la desertificación, por el incremento de procesos de erosión, la menor regulación de las aguas superficiales ante la modificación del filtrado y evaporación, la pérdida del equilibrio vegetal y animal, etc., y muy particularmente la emisión a la atmósfera del bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), uno de los gases que producen el determinado efecto invernadero, capturado por los bosques y liberado por la deforestación (según la FAO representa el 25% del total de CO<sub>2</sub> emitido), con impacto en el calentamiento global de grave efecto resultante sobre la salud de nuestro planeta.

En consecuencia es necesario proteger los bosques, gestionándolos de forma sostenible por medio de la adopción de las medidas adecuadas que permitan eliminar el impacto de tales desastres, lo que es prácticamente imposible debido a sus características, o al menos minimizar o mitigar sus efectos.

Una de las acciones más eficaces consiste en la ordenación forestal, por medio de la cual pueden continuarse las talas pero conociendo y siendo conscientes de la cantidad de árboles que pueden extraerse sin destruir la capacidad de regeneración de los bosques. Esta ordenación se basa primariamente en el conocimiento de la cantidad y calidad de ejemplares para lo cual se realizan inventarios basados en la recolección y registro de datos primarios en áreas boscosas, generalmente a través de la medición y la



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

### Cumbre del Desarrollo Sostenible

obtención de datos en zonas determinadas, incluyendo la deducción de las existencias de madera en los arboles vivos.

Para conseguir la mayor eficacia posible en el empleo de estas medidas es preciso disponer de los recursos y tecnologías apropiadas, entre las que destacan en nuestros días las de la información y las comunicaciones o TIC, que incluyen a las tecnologías que se integran en la moderna disciplina de la Geomática, o GeoInformática, de amplio uso actualmente en un amplio rango de dominios

En este documento se trata de resaltar el papel de una de estas tecnologías aplicada a la cuantificación de los recursos forestales; la conocida como LIDAR (Light Detection and Ranging), término por el que se designa a una tecnología de medición basada en el análisis de las propiedades de una emisión laser una vez reflejada por los cuerpos y recibida en el emisor.

El LIDAR es un método rápido y fiable para obtener datos tridimensionales, capaz de alcanzar una exactitud de 10-15 cm en altura, cuyo principio de funcionamiento es el mismo que el RADAR (RADIO DETECTION AND RANGING). Es decir, los LIDAR son dispositivos activos, dado que utilizan una fuente emisora de radiación electromagnética (luz) como principio de funcionamiento.

Al emitir la luz se escanea el terreno hasta 167.000 veces por segundo, determinando la distancia por medio del tiempo que tarda la onda en llegar al blanco y volver al emisor. Con estos datos se obtiene un posicionamiento (x, y,z) en intervalos pre-definidos a partir del cual se genera una red de puntos, o modelo numérico del terreno, muy densa.

Un sistema LIDAR del tipo utilizado para estas mediciones e inventarios consta de una óptica láser de alta frecuencia, que se sitúa y orienta por medio de un sistema de posicionamiento global por satélite (tipo GPS) y un sistema de navegación inercial (INS). El conjunto puede calcular en cada momento las coordenadas exactas del punto que se está midiendo en el terreno.

Al impactar el pulso electromagnético sobre el terreno se comporta de forma diferente dependiendo de las características de los objetos que se encuentre:

- En una superficie sólida y compacta (edificios, suelo, etc.), la onda simplemente se refleja y vuelve al sensor.
- En el agua, el rayo láser es absorbido y no vuelve al sensor, por lo que no se obtiene ninguna información.
- En vegetación, la onda choca en primer lugar con la copa de los árboles y se refleja en parte, volviendo al sensor. Pero al tratarse de una superficie no compacta, hay otra parte de ella que atraviesa la vegetación, emitiendo sucesivas reflexiones hasta llegar al suelo, que vuelven también al sensor



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

Cumbre del Desarrollo Sostenible

De esta forma se obtienen varios retornos que permiten determinar diferentes alturas, como se muestra en la figura 1.

Primer retorno

Segundo retorno

Tercer retorno

Último retorno

Todos

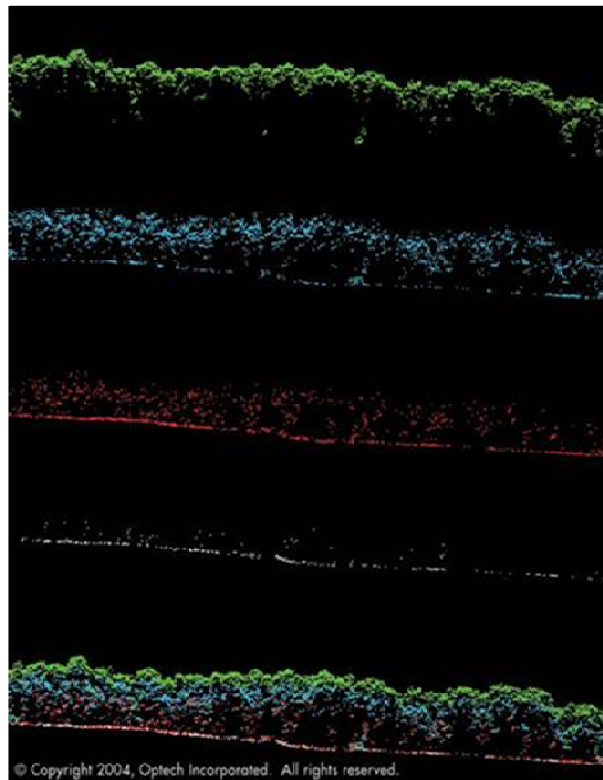


Figura 1

Esta tecnología se comenzó a aplicar en inventarios forestales en varios países nórdicos, especialmente preocupados por este tipo de desastres. El primer paso se dio en Suecia, a mediados de la década de los 80, utilizando un LASER diseñado para aplicaciones militares, Una de las principales conclusiones que se obtuvieron fue que mediante regresiones con parcelas de campo se podían determinar parámetros dasométricos, si bien con ciertas limitaciones derivadas de un inadecuado posicionamiento con GPS y INS.

Para disminuir estas restricciones se construyó un sistema, denominado TopEye que se utilizó con éxito en seis campañas forestales entre 1997 y 2003.



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

Cumbre del Desarrollo Sostenible

Finlandia comenzó su utilización en 1990 con dos sistemas diferentes haciendo especial énfasis en la generación de modelos digitales del terreno en zonas forestales y en desarrollar métodos de inventario pie a pie.

Posteriormente, en Noruega, la Universidad de Oslo llevó a cabo en 1995 un proyecto piloto con una empresa nacional donde se estimaron con éxito la altura media y el volumen en 36 rodales.

En la actualidad, para llevar a cabo este tipo de inventarios se utilizan normalmente los métodos siguientes:

- Inventario al nivel de tesela (area based method), con una densidad de 1 a 1,5 puntos/m<sup>2</sup>
- Inventario pie a pie (single tree method), con una densidad de 5 puntos/m<sup>2</sup>

Ejemplos de ambos métodos se muestran respectivamente en las figuras 2 y 3.

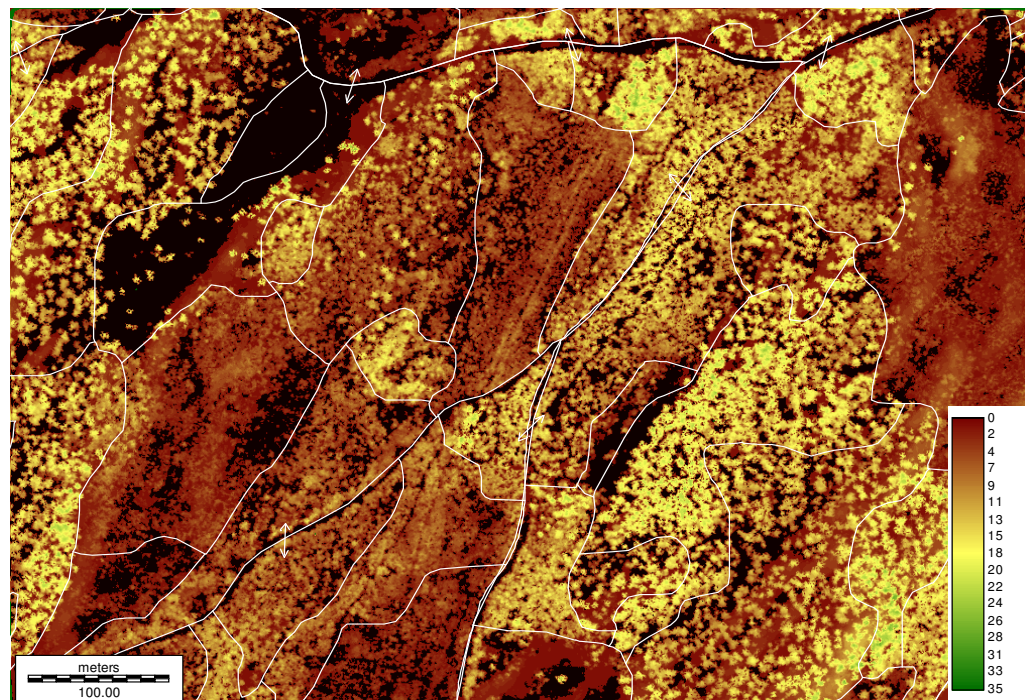
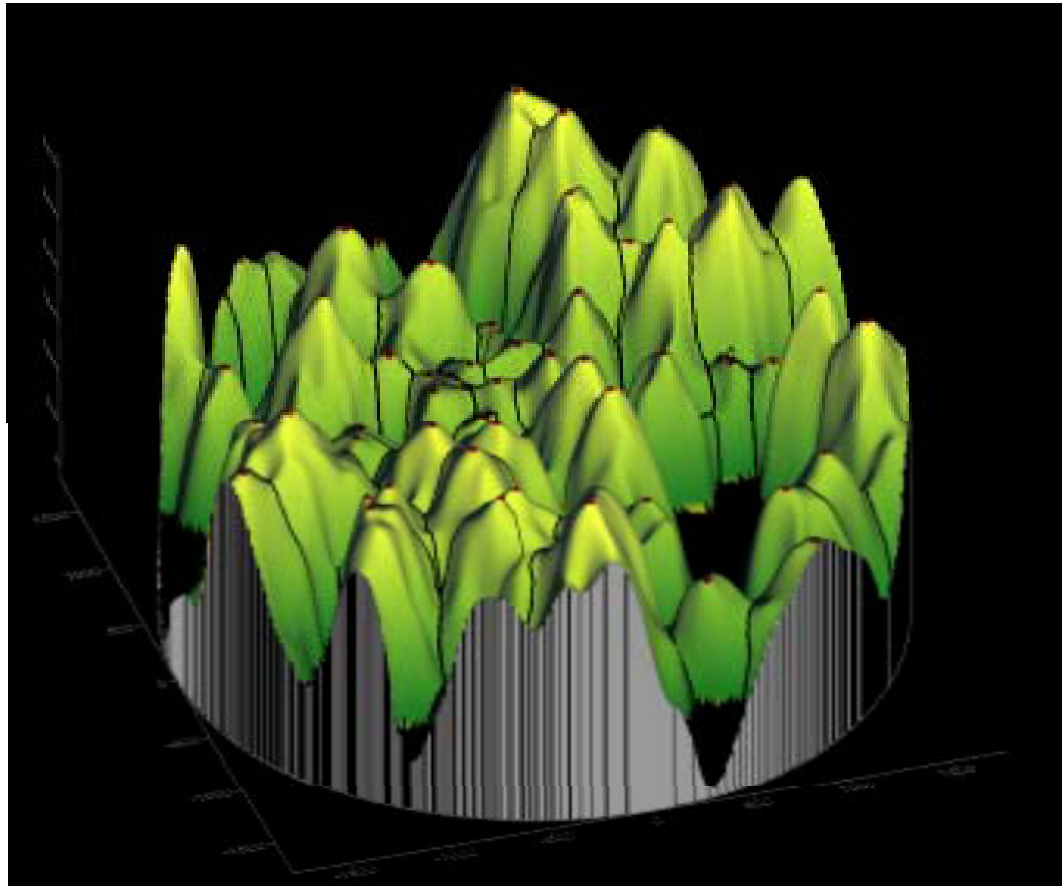


Figura 2



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

Cumbre del Desarrollo Sostenible



**Figura 3**

En la presentación realizada durante las sesiones del Grupo de Trabajo “Teledetección y sensores ambientales” (GT –TEL) en el 9º CONAMA, se expusieron diferentes trabajos realizados en España aplicando estas tecnologías que permiten obtener parámetros de utilidad en la gestión forestal como son el volumen, área basimétrica, número de árboles, diámetro medio o altura dominante.

En definitiva, este tipo de tecnología permiten obtener respuestas adecuadas a preguntas del tipo ¿qué hay? y ¿en donde se encuentra?, que facilitan la evaluación de los recursos, sus cambios y tendencias, apoyando a las tareas de gestión, conservación y desarrollo sostenible de los bosques.



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

## **NUEVAS TENDENCIAS EN LA TECNOLOGÍA DE LA MEDIDA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS**

***Ramón Prats y Vime***

***Director de Ingeniería de ADASA SISTEMAS, S.A. (Grupo AGBAR)***

El medio natural cobra importancia creciente a medida que se va implantando la necesidad de crecer de forma sostenible, lo que implica el respecto al mismo, el evitar su degradación y en muchos casos la necesidad de regenerarlo para devolverlo a estados previos a la actuación antrópica.

Entre los elementos ambientales a considerar en la sostenibilidad, el agua es uno de los más sensibles por el riesgo que tiene de soportar una degradación consecuente de la actividad humana y ya no es concebible su uso sin considerar el estado de su devolución al medio, en condiciones de bajo o nulo impacto para el entorno receptor

El agua es un bien escaso, cuya demanda aumenta continuamente, en paralelo con la constante mejora de la calidad de vida de las personas que comporta mejoras en los hábitos de higiene y alimentación (agua destinada al uso doméstico y agrícola), así como el incremento de la demanda de productos industriales. Este hecho obliga a una explotación cada vez más intensiva de los recursos continentales (aguas superficiales y subterráneas) para satisfacer las demandas para los usos doméstico, industrial y agrícola.

Esta creciente demanda llega a romper el equilibrio natural del ciclo integral del agua cada en vez en más puntos, al extraer más recurso del que retorna a la zona por medio de lluvia o aportaciones, tanto superficiales como subterráneas.

La escasez, obliga a mantener las fuentes habituales del recurso a los máximos niveles de disponibilidad, con la calidad adecuada para cada uso y en paralelo a buscar alternativas, entre las que destacan la reutilización y la desalación.

En la línea de lo expuesto y atendiendo al factor calidad (ya que los flujos o masas de agua disponibles son los que son), la DMA, obliga a fijar unos objetivos para cada masa de agua identificada, lo que significa el tener que efectuar un seguimiento de la evolución de su calidad, así como a indagar las causas que pueden haber producido una eventual desviación de los objetivos prefijados.





## Congreso Nacional del Medio Ambiente

### Cumbre del Desarrollo Sostenible

El cumplimiento de la normativa presenta dificultades, tanto para las masas de aguas superficiales cuya calidad puede verse alterada por algún tipo de vertido de productos contaminantes, como para las aguas subterráneas, que también pueden verse contaminadas por filtración de productos a través del suelo.

Esta visión, lleva a la creciente necesidad de vigilancia del estado de la calidad de este recurso escaso, en los puntos del medio natural en los que se pueda presumir que exista una presión capaz de afectar de alguna manera a su calidad.

Las Autoridades competentes, para el cumplimiento de los objetivos de calidad planteados, disponen de varios medios para llevar a cabo el seguimiento de la calidad de las masas de agua de su área de competencia, básicamente incluidas en dos categorías de control: redes de muestreo periódico y redes de seguimiento de la calidad en tiempo real.

Los dos tipos de redes están justificados por la diferencia en objetivos que se les asigna:

- Conocer la variación de la calidad de fondo a lo largo del tiempo
- Detectar causas que puedan provocar algún tipo de variación

Cada red tiene un objetivo básico específico, la primera, controla las variaciones de fondo de la calidad de cada masa de agua mediante la toma periódica de muestras (habitualmente con frecuencia mensual) que analiza bajo la metodología estándar de la analítica de laboratorio, la segunda está destinada a detectar las causas, básicamente químicas, que alteran la calidad de una masa de agua y que con el tiempo pueden poner en peligro los objetivos de calidad planteados o el uso actual del recurso, especialmente si va destinado a la potabilización, teniendo por tanto una doble función: detectar las causas de una potencial baja de la calidad y advertir a la Autoridad competente, si esta efectivamente se produce. Estos objetivos solo tienen sentido si son capaces de dar información en tiempo real.

El seguimiento de la calidad de las aguas continentales precisa, por cuanto antecede, cada vez más, de medios de medida adaptados a este tipo de necesidad: seguimiento de la calidad en cualquier punto del medio, con conocimiento del resultado en un centro de gestión de la calidad de las aguas, enmarcada en la gestión global de la calidad general del recurso.

La tecnología avanza ante esta necesidad ofreciendo sensores capaces de funcionar de forma autónoma en el medio natural, lo que implica, robustez, bajo consumo energético, fiabilidad, tamaño reducido, integrar los suficientes parámetros como para definir un



## **Congreso Nacional del Medio Ambiente**

Cumbre del Desarrollo Sostenible

estado de calidad en lo que esta tiene el riesgo de ser mas cambiante, necesidad de comunicación del estado a un centro de gestión, poco mantenimiento, y un largo etc.

El trabajo que se presenta, expone algunas experiencias en este sentido y las tendencias en lo que se considera el futuro inmediato de la tecnología de los medios para llevar a cabo el seguimiento de la calidad de las aguas continentales en el medio natural.

### **EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE LOS SENSORES**

En la primera mitad de la década de los 90, se empezó a sentir la necesidad del uso de información del estado ambiental y en particular de la calidad del agua como recurso en tiempo real. Para ello se seleccionaron analizadores automáticos como los que se venían utilizando en los laboratorios, cuyo objetivo era obtener mayor productividad en los trabajos analíticos y valores homologables a los que proporcionaba el método estándar establecido para cada parámetro.

En la segunda mitad de la década, la presión para la preservación del estado ambiental creció y se generalizó la necesidad de la primera mitad, con lo que se empezó a pensar en las limitaciones de los equipos utilizados, muy precisos pero no lo suficiente robustos como para soportar el entorno de trabajo al que se veían sometidos.

Al inicio del presente siglo esta presión y demanda condujo al desarrollo de nuevos equipos mucho más adecuados al trabajo de campo, basados en una adaptación de las tecnologías existentes a las nuevas especificaciones deseadas y surgió una nueva familias de analizadores, que es la que se actualmente se utiliza.

En los centros de desarrollo se está ya trabajando en la siguiente línea de equipos, a los que se les va a pedir objetivos más ambiciosos y que van a utilizar tecnologías y componentes de últimas generaciones.

En la tabla siguiente se intenta resumir lo que acabamos de exponer:



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

| 90's             | 00's            | 05's             | 10's               | Use                                                                            |
|------------------|-----------------|------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Laboratory       | Laboratory      | Laboratory       | Laboratory         | Laboratory analysis                                                            |
| Environ networks | Environment     | Environment      | Environment        | Environmental monitoring and protection,                                       |
|                  |                 | New technologies | Newer technologies | Advanced inf., virtual sensors, models, statistical inf., indirect measurement |
| Process control  |                 | New technologies | Newer technologies | More precise control, increased reliability, access to new applications        |
|                  | Process control | Process control  | Process control    | Process control                                                                |

Algunas de las tendencias actuales en la monitorización de parámetros ambientales en tiempo real.

Hay cuatro líneas de tendencias que pueden identificarse como:

- Utilizar sondas en lo posible evitando reactivos
- Uso de tecnologías ópticas
- Reducción de consumos energéticos
- Medios de comunicación optimizados

Entendemos como sondas aquellos elementos capaces de medir un parámetro en el agua por simple contacto sin la necesidad de preparar la muestra a analizar ni del uso de reactivos. Son evidentes las ventajas que se derivan del uso de las sondas por la simplicidad de las instalaciones, los bajos costes de explotación y de operación. El inconveniente es que solo existen para unos pocos parámetros y hasta el momento es difícil disponer de sondas más allá de la temperatura, turbidez, OD, potencial REDOX, pH y conductividad.



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

Cumbre del Desarrollo Sostenible

Las tecnologías ópticas nos acercan cada vez más a la posibilidad de obtención de “sondas”. En las técnicas de absorbancia, intensidad de luz reflejada y fluorescencia directas, no son necesarios los reactivos y si bien la medida es algo más complicada que la propia de una sonda, cada vez nos acercamos más a las ventajas que estas confieren, tanto en dimensiones como en resultados. En esta línea hoy disponemos ya de sondas de absorbancia UV254, con resultados muy buenos y que nada tienen que envidiar a los que proporcionan los equipos con lámparas pulsantes de tungsteno y a unos costes más bajos. De igual manera se dispone de sondas fluorimétricas compactas con sensibilidades equivalentes a las que proporcionan los equipos clásicos, así como pequeños equipos, casi equiparables a sondas, que contienen varios canales de medidas espectrométricas. Todas estas nuevas “sondas”, operan sin reactivos.

Otro aspecto en el que la técnica ha avanzado es en el consumo energético de estas nuevas sondas. La energía necesaria para el funcionamiento es muy importante en instalaciones de campo y en equipos autónomos, llegando en ocasiones a ser el factor limitante de la utilización de un equipo. La limitación del consumo de energía se consigue por dos vías: la de reducir el consumo de los elementos constituyentes, básicamente la electrónica y estableciendo los ciclos de reposo funcionamiento, de forma que cumpliendo con las necesidades de medida, optimice los consumos totales.

Para concluir esta parte, nos hacemos eco de los avances en comunicaciones tanto desde el punto de vista de operadores, como tipos de servicios ofrecidos y la posibilidad de uso de los mismos a unos costes realmente competitivos. En el diseño, la tendencia para los equipos de campo es el uso de estas redes para transmitir los datos o en medios más confinados implantar redes tipo Wi-Fi. Los sistemas de medida autónomos y por definición no conectados a alimentaciones de energía externas, tienden a disponer de medios de emisión y recepción también de bajo consumo, utilizando las tecnologías de comunicaciones más recientemente introducidas en el mercado.

El equipo que se presenta, objeto de este trabajo, utiliza en alguna medida este conjunto de tendencias al ser un equipo de campo, de funcionamiento autónomo, con consumos energéticos muy reducidos y disponer de capacidad de comunicación con un centro de adquisición de datos, utilizando un red de telefonía móvil servida por una operador nacional.



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

Cumbre del Desarrollo Sostenible

### EL AQUASCOUT

Correspondiendo a la necesidad planteada de seguir la evolución de la calidad de las aguas superficiales en puntos de vertido, se ha desarrollado el equipo que presentamos, que puede instalarse en cualquier punto de una vena líquida, sin necesidad de infraestructura de ningún tipo ni de estar conectado a la red eléctrica, dado el funcionamiento autónomo de la unidad.

El equipo es una unidad flotante que puede operar en cualquier punto de interés en controlar de un río, simplemente amarrándolo a un punto fijo (pilar de un puente, peso situado al fondo del lecho, punto de amarre creado al efecto mediante una pértiga, etc.). La única condición sobre el emplazamiento es el disponer de un mínimo de horas de sol que garanticen la generación de energía suficiente para el funcionamiento de la unidad, mediante las placas solares instaladas.

Los parámetros medidos en la unidad desarrollada son:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| <b>TEMPERATURA</b>      | <b>0°C .. +50 °C</b>   |
| <b>PH</b>               | <b>0..14 UDPH</b>      |
| <b>REDOX</b>            | <b>-1000..+1000 mV</b> |
| <b>CONDUCTIVIDAD</b>    | <b>0..10000 uS/cm</b>  |
| <b>OXIGENO DISUELTO</b> | <b>0..20 PPM</b>       |
| <b>TURBIDEZ</b>         | <b>0..100 NTU</b>      |
| <b>SAC (UV 254 nm)</b>  | <b>0..100 mg/l CE</b>  |
| <b>Comunicaciones</b>   | <b>Vía telf. GSM</b>   |
| <b>Alimentación</b>     | <b>13– 6.5 Vcc</b>     |
| <b>Localización</b>     | <b>GPS</b>             |

Con independencia de la novedad del conjunto de la unidad al operar en las condiciones que se han indicado, cabe destacar la inclusión de una sonda de medida del SAC (spectral absorption coefficient), calibrada en ppm's de CE (carbono equivalente), que es un desarrollo específico para este equipo, que nos proporciona una medida que pudiera correlacionarse con la presencia de ciertos tipos MO en el agua a controlar.



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

**EJEMPLOS DE INSTALACIÓN**





## Congreso Nacional del Medio Ambiente

Cumbre del Desarrollo Sostenible



### RESULTADOS OBTENIDOS

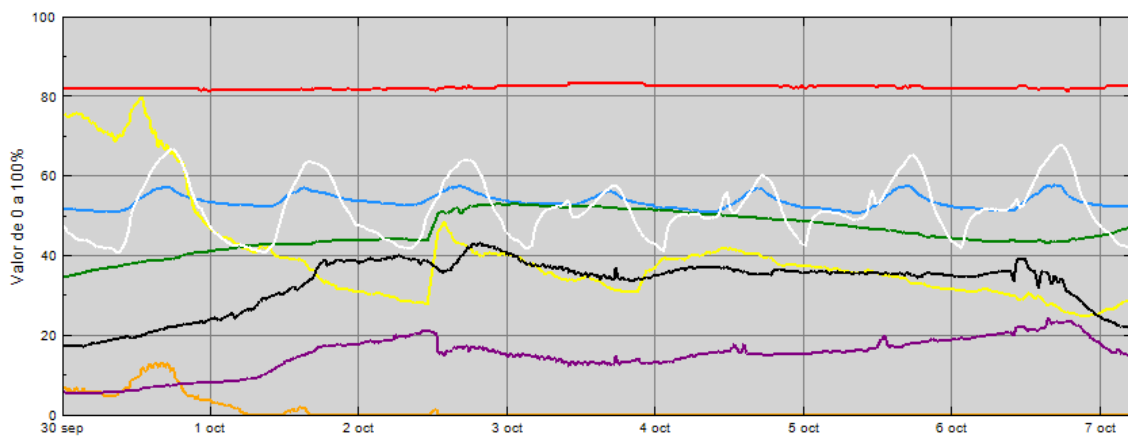
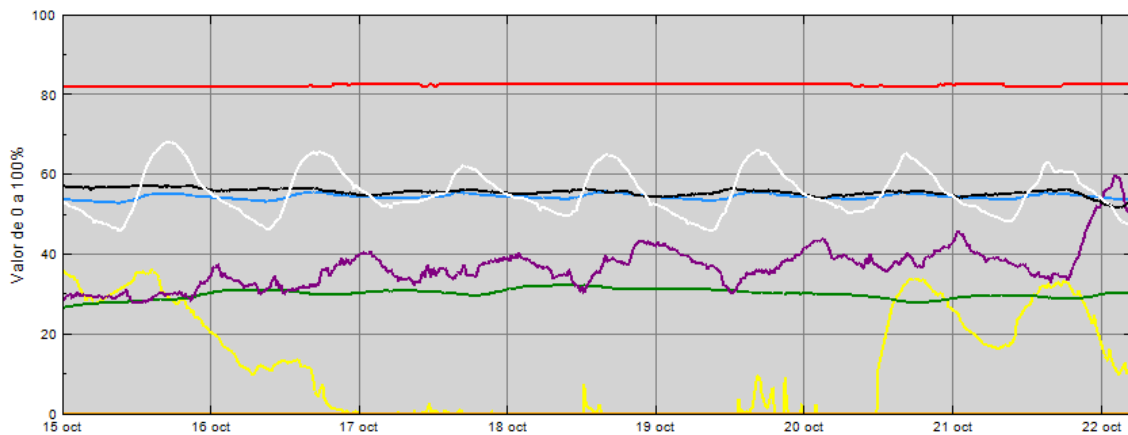
El emplazamiento de la unidad en el río, se ha elegido para controlar la salida de una Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR), en un punto que se considera representativo de la calidad del vertido y que puede en consecuencia mostrar la bondad del comportamiento de la estación de depuración de aguas residuales.



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

Cumbre del Desarrollo Sostenible

Los resultados obtenidos se muestran en las gráficas que siguen:







## Congreso Nacional del Medio Ambiente

Cumbre del Desarrollo Sostenible

Se puede observar en ellas el comportamiento típico de un agua residual depurada, muy en el límite de cumplimiento de los mínimos exigibles a un tratamiento de este tipo.

El OD es prácticamente cero en todo el período, confirmado por un potencial REDOX negativo y un contenido de MO, representado en valores de SAC entre 40 y 55 Abs/m, que denotan la presencia de MO que debía haberse eliminado en el curso del tratamiento, dejando los valores de SAC entre 20 y 30 como máximo.

Con independencia del valor que pueda tener el desarrollo de este equipo en cuanto a I+D, cabe añadir por cuanto antecede, su directa aplicación al control de un proceso de tratamiento efectuado aguas abajo del vertido de una EDAR en un punto muy cercano al de llegada al río del efluente, en el que la difusión de los contaminantes disueltos en el agua del río, aún no se ha efectuado.

### CONCLUSIONES

Las nuevas necesidades de equipos para los controles que el cumplimiento de la normativa comunitaria exige, tendrán que operar en condiciones específicas mucho más exigentes que las líneas de equipos existentes hasta la fecha, por el hecho de tener que operar en emplazamientos variables y a unos costes muy bajos; será deseable disponer de más puntos de control y no se dispondrá de los medios económicos necesarios.

Las especificaciones exigidas a estos nuevos equipos solo son alcanzables integrando nuevas tecnologías, especialmente en los campos del uso de las sondas, los bajos consumos energéticos y el uso ventajoso de las redes existentes de comunicación de datos operadas a nivel nacional.

La gama de productos que se puede pensar estarán disponibles en un futuro más o menos próximo, podrán utilizarse en el seguimiento de la calidad de las aguas superficiales en puntos, hoy no justificables por su coste si se utilizan los medios clásicos disponibles, además de incorporar ciertos tipos de control hoy difíciles de conseguir.

El **AQUASCAUT** es uno de los primeros equipos disponibles que puede cumplir estas exigencias y que se ha probado con éxito en una aplicación deseable para muchos gestores como autocontrol y para las Autoridades competentes como medio de control de la bondad de uno de los vertidos más frecuentes (los efluentes de las EDAR), su adecuación a las autorizaciones concedidas y el seguimiento de las causas que pueden afectar al logro de los objetivos de calidad de algunas masas de agua receptoras de vertidos procedentes de procesos bastante más descontrolados de lo que se supone, al operar durante bastante tiempo, fuera de los márgenes de calidad fijados por la norma.



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

## **BROWNFIELDS. DETECCIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS DEL TERRITORIO MEDIANTE TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA**

*Marino Palacios, Victoriano Moreno, Daniel Carrasco*

*INDRA ESPACIO. Calle Mar Egeo, 4. San Fernando de Henares*

[mpalacios@indra.es](mailto:mpalacios@indra.es)

El proyecto “**Brownfields. Aplicación de Técnicas Aeroespaciales Hiperespectrales y Multi-Sensor a la Caracterización de Áreas Contaminadas**” fue presentado y aprobado por la Consejería de Economía e Innovación Tecnológica de la Comunidad de Madrid dentro de la actividades para el **Fomento de la Innovación Tecnológica en el Sector Aeroespacial de la Comunidad de Madrid (Orden 1236/2005, de 17 de febrero)**.

Esta actividad se enmarca en la línea de estudios **GMES** sobre aplicaciones de los datos obtenidos por satélites de Observación de la Tierra que, junto con las aplicaciones basadas en la constelación de satélites **GALILEO**, constituyen uno de los ejes fundamentales de la política europea del espacio y que se engloba dentro de las líneas prioritarias del proyecto **ERA-STAR**.

Se define un “**brownfield**” (en oposición a “**greenfields**”) como un terreno y cualquier edificación o instalación permanente presente en él, cuya extensión, reconstrucción, o reutilización puede presentar complicaciones debido a la presencia o potencial presencia de sustancias peligrosas o contaminantes.

Existe una importante demanda de información en su mayor parte por las Administraciones públicas sobre este tipo de terrenos para realizar inventarios y caracterizaciones que permitan establecer las pautas para regenerarlos y utilizarlos tanto para usos urbanísticos como ambientales.

La solución podría venir a partir de la utilización de técnicas aeroespaciales, concretamente de sensores hiperespectrales a bordo de aviones y de satélites de Observación de la Tierra para identificar y caracterizar estos suelos contaminados,



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

### Cumbre del Desarrollo Sostenible

potencialmente contaminados o degradados paisajística o ambientalmente. Este tipo de datos se han utilizado en caracterización ambiental de áreas mineras, vertederos o grandes vertidos y se empiezan a utilizar en la caracterización de la contaminación difusa.

Los sensores hiperespectrales ofrecen la posibilidad de caracterizar áreas degradadas basándose en la respuesta espectral de sustancias contaminantes o realizar categorizaciones en función de alteraciones en el suelo, de los minerales, del agua, de la vegetación o de los cultivos.

El objetivo es determinar la viabilidad técnica, económica y comercial de la utilización de sensores aeroespaciales de Observación de la Tierra (básicamente sensores hiperespectrales) en la caracterización de suelos contaminados y/o áreas degradadas. Frente a la generación de cartografía clásica mediante fotointerpretación las nuevas metodologías desarrolladas en este proyecto pretenden mejorar sustancialmente estos resultados de tal modo que sin olvidar los métodos clásicos se consiga una cartografía de precisión y de actualización semi-automática si se realizaran pasadas posteriores sobre la misma zona o sobre otra.

En estos momentos los sensores hiperespectrales embarcados en satélites son de carácter experimental o científico, por lo que es necesario el estudio de su viabilidad para análisis concretos. La segunda generación de estos satélites deberán tener un carácter más comercial, lo que hace que sea adecuado de cara a un posicionamiento competitivo la validación de estas técnicas.

El alcance del estudio previsto aparece ligado a las tres fases que se plantean en el proyecto de investigación: el primero es la toma de datos aerotransportados y espaciales y datos in situ, el segundo correlacionar datos de sensores remotos con datos tomados en tierra en la Comunidad de Madrid y finalmente Análisis de viabilidad inicial de la utilización de datos hiperespectrales para la caracterización de suelos contaminados.

El área de Estudio comprende parte de los siguientes municipios de la Comunidad de Madrid: sur del municipio de Madrid, Getafe, Pinto, Valdemoro, Ciempzuelos, San Martín de la Vega y Seseña (**figura 1**).

El estudio en principio se ha centrado en los siguientes elementos:

- Zonas con residuos de chatarra (en muchos casos estas contienen hierro) y maquinaria que además son susceptibles de estar contaminadas por hidrocarburos y aceites (vehículos, maquinaria industrial, etc.). La detección



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

### Cumbre del Desarrollo Sostenible

rápida de estas zonas (difícil por metodología tradicional) permite obtener un indicador inicial de parcelas potencialmente contaminadas.

- La Uralita contiene asbestos, se han detectado grandes posibilidades del vuelo realizado para la clasificación de tipos de tejados, por lo que se entiende que es posible la detección de edificios con cubiertas de Uralita o fibrocemento.
- Escombros: asociados principalmente a obras puede ser indicativo de otras actividades. Se pretende distinguir entre los diversos materiales que componen los escombros.
- Lodos y Purines: muy nocivos para la salud. Es una práctica habitual su deposición en áreas descubiertas desde eriales hasta áreas de cultivo.
- Otros elementos son neumáticos, escoria, etc.

La metodología de trabajo (**figura 2**) para la definición de los productos y servicios brownfields se ha basado en las siguientes características:

- Se han analizado fuentes de datos novedosas, especialmente sensores hiperespectrales de última generación. Todas las fuentes de datos de partida obtenidos han sido evaluadas en función de los objetivos del proyecto y su no inclusión en las metodologías desarrolladas no implica que no sean datos válidos, sino que no se adecuan a los objetivos del proyecto.
- Se ha generado una importante biblioteca espectral de suelos contaminados, equiparable a las existentes en importantes centros de investigación.
- Se han evaluado diversos métodos de trabajo relacionados con técnicas de imágenes hiperespectrales y su aplicación a suelos contaminados.

La principal fuente de datos ha sido las imágenes del sensor **AHS** del **INTA**, concretamente las pasadas bajas que consiguen 2 metros de resolución espacial de tamaño de píxel, ya que debido a esta característica se consigue generar cartografía de mayor precisión adecuada a los objetivos del proyecto.

Muy importante también la biblioteca espectral realizada en su mayoría en dos salidas al campo (**figura 3**), ha resultado básica para comparar sus curvas espectrales con las recogidas en las imágenes, para ello se ha aprovechado las herramientas hiperespectrales de **ENVI 4.4** generando probabilidades de encontrar los elementos a través de la imagen.

Estos datos son utilizados posteriormente por **DEFINIENS 6.0**, que aplica estas probabilidades a objetos-elementos concretos para generar ya una primera cartografía.



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

### Cumbre del Desarrollo Sostenible

Una vez validada esta cartografía y revisado el método para cada elemento concreto se incorporan los datos a **ARCGIS 9.2** para su tratamiento y presentación. La **figura 4** muestra un detalle del mapa final.

Por último, es muy importante el análisis de viabilidad que incluye visitas a clientes y usuarios potenciales y un plan de comercialización de los productos generados.

Para la determinación de presencia de residuos y su caracterización la utilización de imágenes hiperespectrales es el método más adecuado. No existe otra metodología, además del trabajo de campo directo, para obtener este tipo de información.

Se ha comprobado que la capacidad de obtener información térmica y la posibilidad de realizar índices de vegetación que permiten las imágenes hiperespectrales permite elaborar mapas de distribución de purines de, al menos, un año de antigüedad. No existe otra técnica que permita obtener este tipo de información.

Se ha demostrado la capacidad de un sensor hiperespectral de determinar aquellos tejados que contienen asbesto, no existiendo otra forma de obtener este dato de una manera adecuada.

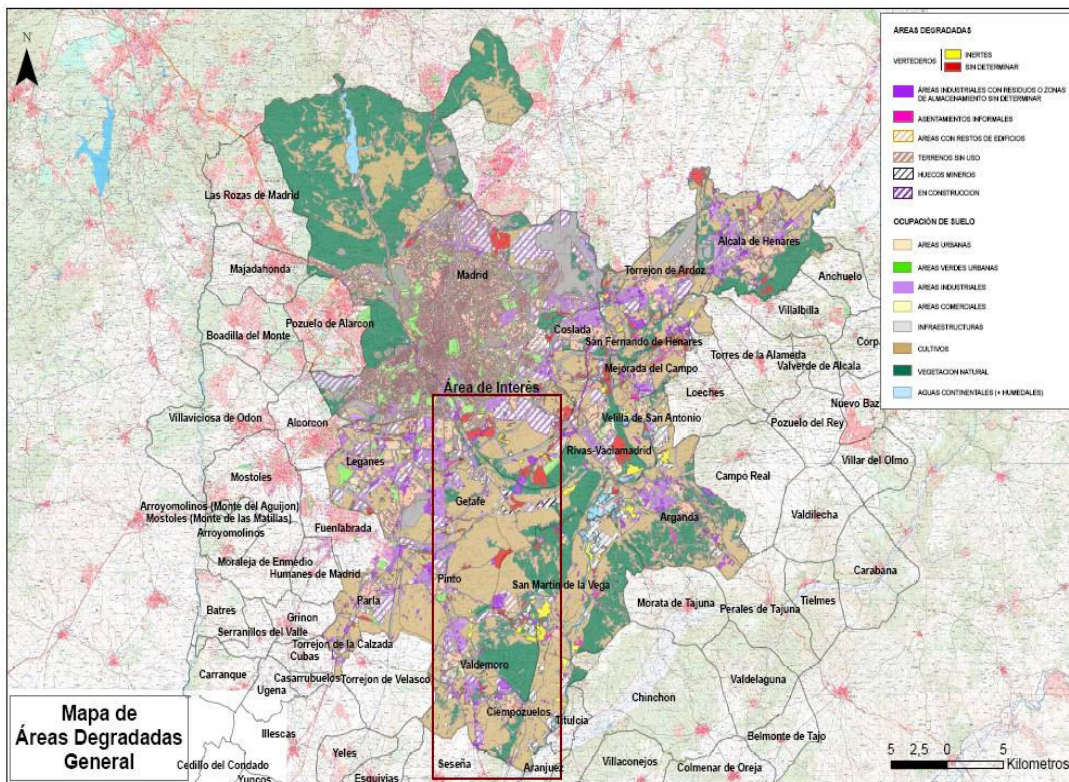
Claramente la metodología desarrollada mejora los mapas clásicos de caracterización de suelos contaminados.

Mediante este trabajo se ha conseguido un alto conocimiento en tecnologías hiperespectrales y en la aplicación de tecnologías aeroespaciales en la caracterización de suelos degradados, convirtiéndose **INDRA Espacio** en una empresa con una adecuada posición en este sector.

La dependencia de sensores aerotransportados debido a la baja resolución espacial de datos hiperespectrales de satélite supone una clara desventaja en cuanto a la disponibilidad de datos y precios de los mismos. Se espera que a medio plazo la dependencia sea menor y que se lancen satélites que reúnan las condiciones necesarias para este tipo de estudios.



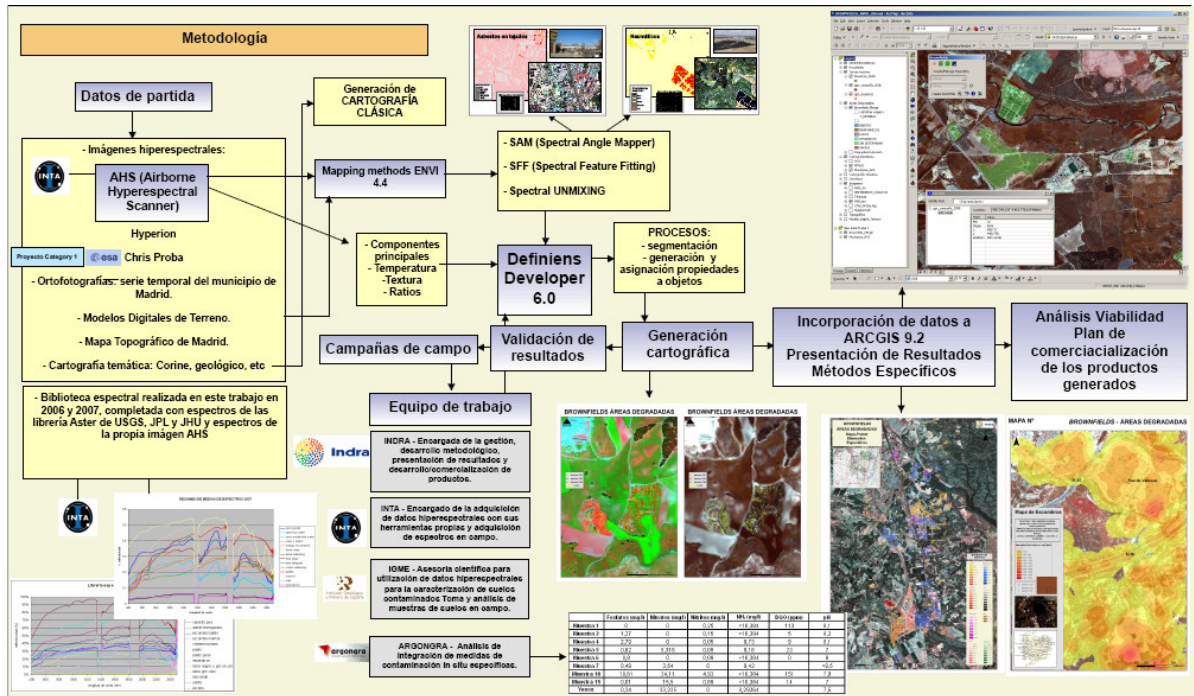
## Congreso Nacional del Medio Ambiente Cumbre del Desarrollo Sostenible



**Figura 1. Zona de estudio en la Comunidad de Madrid superpuesta sobre un mapa anterior de Brownfields no especializado.**



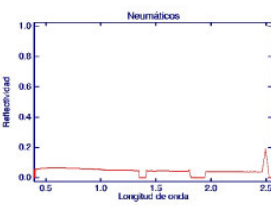
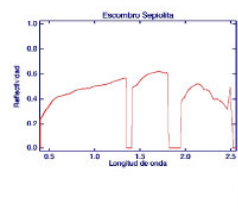
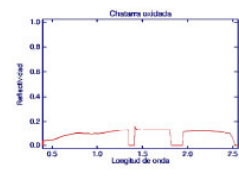
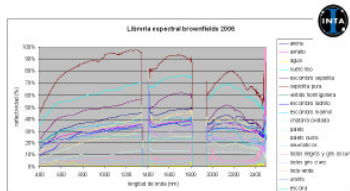
## Congreso Nacional del Medio Ambiente Cumbre del Desarrollo Sostenible



**Figura 2. Metodología de trabajo**

### Biblioteca Espectral Campana 2006

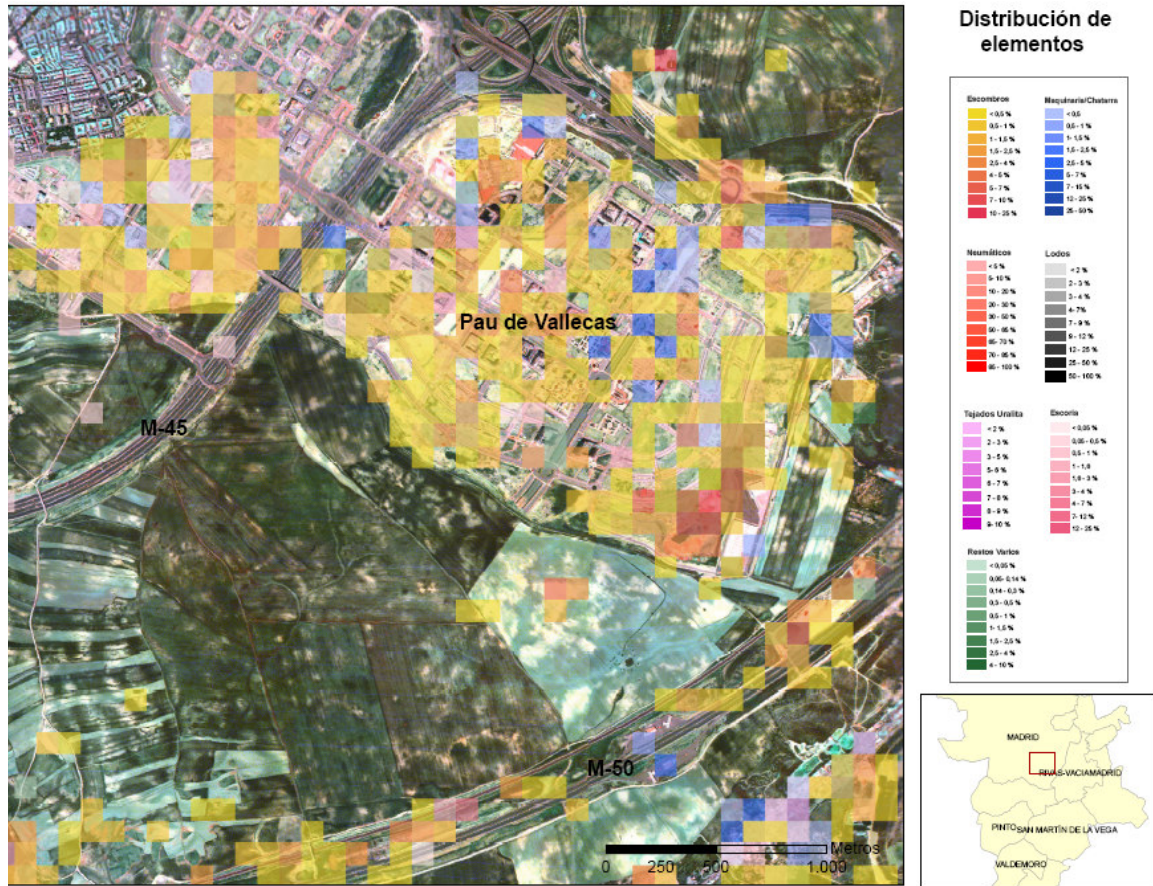
Se realiza con un espectrómetro que recoge el espectro electromagnético de una muestra que se materializa en una curva espectral característica de cada elemento.



**Figura 3. Trabajo de campo para la generación de las bibliotecas espectrales.**



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible



**Figura 4. Detalle del mapa de brownfields con unidades de una hectárea identificando escombros, maquinaria/chatarra, neumáticos, lodos, tejados de Uralita, escorias y residuos varios.**





**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

## **APLICACIÓN DE TÉCNICAS LÁSER NO INVASIVAS PARA EL ESTUDIO DE MADERAS**

***J. A. M. Rojas<sup>1</sup>, E. Bolívar<sup>1</sup>, J. Alpuente<sup>1</sup>, P. L. López<sup>1</sup>, R. Sánchez<sup>1</sup>, I. M. Rojas<sup>2</sup> y S. Vignote<sup>2</sup>***

***<sup>1</sup> Depto. de Teoría de la Señal y Comunicaciones de la Universidad de Alcalá.***

***<sup>2</sup> Depto. de Economía y Gestión Forestal de la Universidad Politécnica de Madrid.***

### **RESUMEN**

Este trabajo presenta un nuevo método de análisis no destructivo de superficies de madera basado en la dispersión difusa de luz láser y en el análisis de sus propiedades de regularidad mediante técnicas de autocorrelación.

### **INTRODUCCIÓN**

El consumo aparente de madera aserrada y paneles de madera en España durante el año 2007 fue de 12,285.000 m<sup>3</sup>, con una producción nacional de 8,357.000 m<sup>3</sup> [1]. Sus múltiples aplicaciones en construcción, carpintería, ebanistería, decoración, embalaje y transporte, entre otras, hacen que la madera sea uno de los materiales naturales de mayor utilización.

Sin embargo, la madera presenta una serie de características higroscópicas, mecánicas, térmicas, eléctricas, acústicas, colorimétricas, así como una serie de rasgos, que se pueden considerar como defectos (nudos, fendas, acebolladuras, coloraciones, agujeros, gemas, desviaciones de la fibra, pudriciones, perforaciones), que varían entre elementos de la misma o de distinta especie [2]. Estos últimos tienen una gran impacto económico, tanto para los fabricantes como para los usuarios de elementos de madera, dado que la calidad, la integridad estructural y el precio del producto final dependen del tamaño, localización y tipo de estos defectos [3], habiéndose desarrollado una vasta normativa para definir no sólo los parámetros y métodos de medida de los mismos, sino también para la clasificación de la madera por su calidad.



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

### Cumbre del Desarrollo Sostenible

Desde el punto de vista industrial, la madera es un material ortotrópico obtenido del tronco y de las ramas de los vegetales leñosos, que presenta una estructura multiescala compleja.

En una primera aproximación a la estructura de la madera, la composición química de la misma contiene celulosa (40-50%), hemicelulosa (20-35%), lignina (15-35%) y sustancias de impregnación [4,5], si bien las proporciones varían tanto entre especies como dentro de la misma especie, e incluso dentro del mismo individuo. Las macromoléculas de celulosa se agrupan formando cristales de escala de Ångstrom. La agrupación de estos cristales da lugar a microfibrillas de escala nanométrica [6,7].

Desde otro punto de vista, podemos considerar la madera como un conjunto de células, en su mayoría alargadas en forma de tubos, dispuestas en la dirección del eje del árbol. La variabilidad de su longitud y forma, así como la del espesor de sus paredes y las dimensiones de sus lúmenes, dan lugar a escalas micro o milimétricas [2,8].

Por último, la observación de un trozo de madera nos permite ver los diversos elementos característicos que la forman a escala centimétrica, y además, apreciar que no se trata de un material homogéneo.

Si se observa el tronco de un árbol, se ve que tiene forma troncocónica y que está formado por sucesivos anillos superpuestos: médula, duramen, albura, cámbium, líber, corteza y anillos anuales de primavera y otoño [2].

Esta estructura multiescala de la madera justifica la utilización de diferentes técnicas de medida no destructivas a utilizar en la clasificación de maderas a partir de las propiedades físicas de la misma, y siempre teniendo en cuenta la resolución con la que se pretenda trabajar.

El método de identificación y clasificación más utilizado desde el inicio de la industria de la madera ha sido el basado en la inspección visual, que requiere una vasta experiencia y una excelsa cualificación del personal, y en el que los resultados se obtienen transcurrido un tiempo prolongado. El desarrollo de métodos automáticos no fue posible hasta el siglo XX en el que se dispuso de la instrumentación necesaria para la medida de las propiedades de la madera con tiempos de respuesta reducidos.

La automatización ha permitido la realización de estudios que, utilizando técnicas destructivas (microscopía, marcación molecular, ADN) o no destructivas (tomografía, termografía, densitometría, resonancia, reflectometría y espectrometría), han determinado los valores de diferentes características y han permitido analizar los



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

### Cumbre del Desarrollo Sostenible

resultados mediante diversas técnicas de procesado, si bien la mayoría de los estudios van dirigidos a la identificación de defectos [6], utilizándose equipos de medida que, por lo general, requieren un desembolso económico considerable o, incluso, son equipos comerciales diseñados para unos fines concretos.

Con este trabajo se pretende dar un primer paso en el control de calidad de la madera utilizando métodos no invasivos que, con un bajo coste, permita controlar en tiempo real los procesos de control de calidad de la madera, identificando las diferentes especies y, en su caso, la presencia de defectos o la identificación de los tratamientos a que haya sido sometida, con independencia de si son maderas aserradas, chapas, tableros contrachapados, tableros de partículas o tableros de fibras.

Para ello, se van a generar sobre la superficie de la madera patrones de moteado láser, extrayéndose del análisis de los mismos características identificativas de la madera que permitan diferenciar diferentes especies [9].

Si bien el trabajo se ha realizado sobre muestras de madera, la técnica que se presenta es aplicable a cualquier otro tipo de materias biológicas o bien a ampliar el control de calidad de las maderas a ámbitos relacionados con su higroscopicidad o la calidad de los acabados.

### **SISTEMA EXPERIMENTAL**

El montaje experimental es compacto y simple. Se basa fundamentalmente en una cámara oscura fabricada en cartón o plástico mate de color negro en cuyo interior se coloca la muestra de madera que queremos estudiar. En una de las caras de la cámara oscura se han practicado dos orificios. Uno de ellos permite la iluminación de la muestra con un haz láser desenfocado, mientras que la segunda abertura se destina a insertar una cámara fotográfica digital capaz de guardar imágenes en formato TIFF no comprimido para evitar pérdidas de información (figura 1).



**Figura 1. Esquema del sistema experimental.**

Se comprueba que para la mayoría de las medidas y, dada la sensibilidad de las cámaras digitales actuales, es posible realizar todos los experimentos con láseres de diodo con valores de potencia nominal por debajo del mW. Esto nos permite utilizar láseres de diodo convencionales como los que encontramos en los punteros comerciales. El bajo coste de estos dispositivos hace que este método de análisis no invasivo sea muy atractivo desde un punto de vista económico.

Por motivos de disponibilidad se han utilizado en este caso diodos láser de color rojo de unos 650 nm de longitud de onda. Una de las líneas futuras de investigación consistirá en ampliar las medidas a otras regiones del espectro visible.

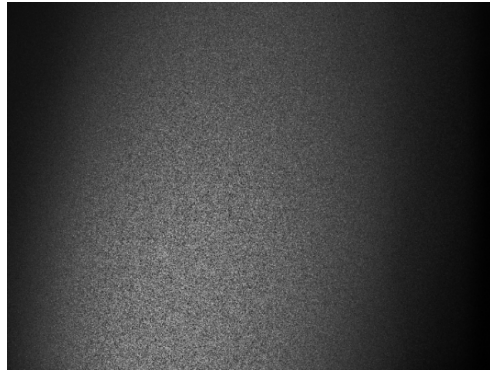
Para la captación de la imagen de moteado láser se pueden usar diversos ángulos de incidencia, según las propiedades que queramos estudiar. En estos experimentos estábamos interesados en las propiedades a pequeña escala de la superficie, de modo que se eligió una iluminación casi perpendicular a la muestra.

En estas condiciones la madera, al tratarse de un difusor casi Lambertiano (sin reflexiones especulares), produce una elipse de luz dispersa sobre la superficie con un típico patrón de moteado (figura 2).



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

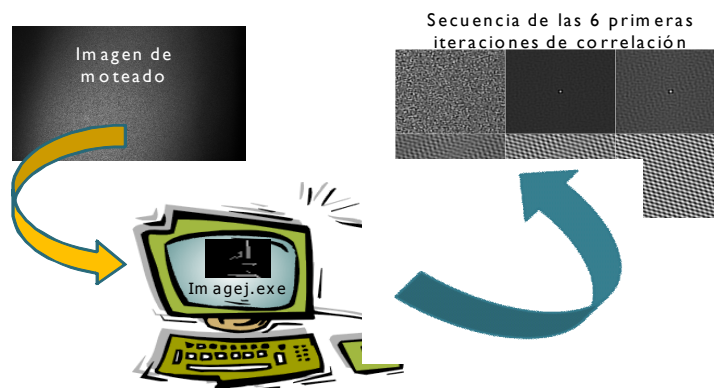
Cumbre del Desarrollo Sostenible



**Figura 2. Patrón de moteado de una muestra de madera.**

Para el posterior análisis matemático se seleccionan partes suficientemente representativas de la región central, evitando así efectos de gradiente de iluminación en los bordes de la elipse.

Una vez obtenidas las fotografías de la luz dispersada sobre la madera se almacenan en la memoria de un PC y se pasa a su análisis por medio de las utilidades del programa ImageJ, procesándose la imagen final mediante sucesivas iteraciones de algoritmos de autocorrelación basados en la FFT para generar una serie de patrones exclusivos de la región bajo estudio (figura 3).



**Figura 3. Proceso de análisis de las imágenes de moteado obtenidas.**



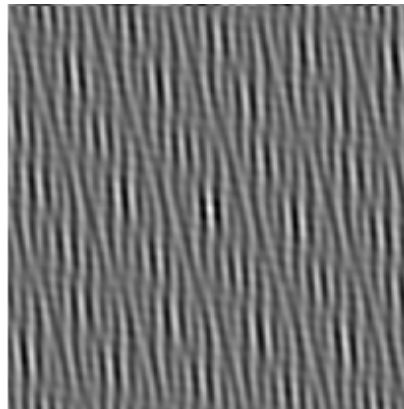
## Congreso Nacional del Medio Ambiente

Cumbre del Desarrollo Sostenible

### RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez obtenidos los patrones de autocorrelación de cada sección de madera, se procede a su mejora de contraste y al estudio de su regularidad y periodicidad.

En general, los patrones constan de varios niveles superpuestos de líneas paralelas o celdas que conforman especie de panales de gran regularidad y complejidad, tal y como se muestra en la figura 4.



***Figura 4. Ejemplo de patrón de autocorrelación obtenido tras 6 iteraciones.***

El período de los entramados superpuestos que aparecen está relacionado con la estructura microscópica de la superficie de la madera, mientras que la dirección de las líneas paralelas y su disposición relativa hace referencia a las direcciones de fibra y otras propiedades mesoscópicas del tratamiento recibido por la madera, tal como el lijado.

### CONCLUSIONES

Utilizando un diodo láser de bajo coste y una cámara digital comercial, apoyados en herramientas de procesamiento de libre distribución y fácil manejo, se han conseguido patrones de las estructuras de la superficie de la madera que permiten diferenciar muestras que a simple vista serían indistinguibles, a la vez que se obtienen propiedades regulares de la estructura de la madera.



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

Cumbre del Desarrollo Sostenible

### REFERENCIAS

- [1] <http://epp.eurostat.ec.europa.eu> (consulta realizada el 15 de septiembre de 2008).
- [2] Vignote S. y Martínez I. (2006). *Tecnología de la madera (3ª ed.)*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- [3] Bond B.H. (1998). *Characterization of wood features using color, shape and density parameters*. Tesis Doctoral presentada en el Instituto Politécnico de la Universidad del Estado de Virginia, pp. 1-7.
- [4] Reeb J.E. (1998). *An introduction to wood anatomy characteristics common to softwoods & hardwoods*. Cooperative Extension Service, Publication FOR-59, Department of Forestry, University of Kentucky.
- [5] Pedraza Oramas C. (1976), “*La madera y sus propiedades*”, Revista de la AITIM, núm. 80.
- [6] Bucur V. (2004), “*Techniques for high resolution imaging of wood structure*”, in CD-Rom Proceedings of 16<sup>th</sup> World Conference on NDT of Wood.
- [7] Gutiérrez Oliva A. (1981), “*La madera y sus propiedades*”, Revista de AITIM, núm. 104.
- [8] Bucur V. (1995), “*Word acoustic characterization by ultrasound*”, in Proceedings of IEEE Ultrasonics Symposium, pp. 615-623.
- [9] Rojas J. A. M., Alpuente J., Bolívar E., López Espí P., Martínez I. and Vignote S. (2008), “*Empirical characterization of wood surfaces by means of iterative autocorrelation of laser speckle patterns*”, Progress in Electromagnetic Research, PIER, vol. 80, pp. 295-306.



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

## **DEFINICIÓN DE UN SISTEMA INTEGRAL PARA LA GESTIÓN Y CONTROL DE LA RED DE SANEAMIENTO: CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL Y CONTROL DE VERTIDOS**

*Alicia Meroño Baños y Miquel Molina Peralta*

**AQUAPLAN, S.A.**

### **ANTECEDENTES Y OBJETIVO**

El objetivo, es el control y la caracterización del agua residual circulante por los colectores. De la creciente actividad industrial, surge la necesidad del desarrollo de métodos para control y vigilancia de los vertidos de las empresas potencialmente contaminantes.

El presente documento pretende definir las herramientas y metodologías necesarias para la obtención de datos y gestión de resultados, en la red de saneamiento.

Identificado el alcance y las necesidades reales, elaboramos una propuesta adaptada y personalizada a las necesidades particulares.

### **REQUISITOS GENERALES PARA LA GESTIÓN DE UNA RED DE SANEAMIENTO**

Los requisitos planteados “a priori”, de forma global para el control de cualquier red de saneamiento son:

- Cumplimiento de la legislación aplicable en referencia a calidad de agua residual.
- Protección de los elementos de la red de saneamiento. Debido al elevado coste, inherente a cualquier actuación sobre este tipo de infraestructuras, es un punto importante a valorar.
- Garantizar la continuidad y el óptimo rendimiento, de los procesos de depuración. La detección anticipada de la presencia de un vertido, previo a la entrada en una estación de depuración de aguas residuales, es determinante para la protección y el aseguramiento de los rendimientos de depuración. El conocimiento anticipado





## **Congreso Nacional del Medio Ambiente**

### Cumbre del Desarrollo Sostenible

de la caracterización del influente, nos ofrece alternativas tanto operacionales, como analíticas. Operacionales, permitiendo disparar planes de emergencia. Referente a la parte analítica, en los métodos convencionales de laboratorio, el tiempo mínimo para la realización de algunas determinaciones críticas es demasiado elevado, para facilitar la minimización de los posibles efectos.

Para cubrir las necesidades planteadas, con la correspondiente consecución de los objetivos marcados, en primer lugar se propone definir una estrategia de control y gestión. Esta abarcará, los siguientes hitos:

- Medición y recopilación de datos de calidad de agua residual, en puntos estratégicos.
- Medición, obtención y caracterización de vertidos, en acometidas industriales.
- Gestión de resultados.

### **PROPUESTAS DE ACTUACIÓN**

La aplicación integrada, de las propuestas de actuación que se desarrollan a continuación, dará como resultado el control y la gestión de la red de saneamiento:

- Definición de un modelo de gestión, en conexiones industriales a la red de saneamiento.
- Implantación de una Red automática, para control de calidad y detección de vertidos industriales, en los colectores municipales.
  - Red para control de calidad.
  - Control de calidad en colectores municipales.
  - Control de vertidos industriales.
- Asistencias técnicas para soluciones específicas.
- Desarrollo de herramientas para apoyo a la gestión.
- Establecimiento de un plan director.
- Estudio de viabilidad técnico y económico.



## **Congreso Nacional del Medio Ambiente** Cumbre del Desarrollo Sostenible

### **DEFINICIÓN DE UN MODELO DE GESTIÓN, EN CONEXIONES INDUSTRIALES A LA RED DE SANEAMIENTO.**

Para la definición de dicho modelo, es necesario la caracterización, de los elementos de la red de saneamiento y de los influentes, mediante la elaboración de:

- Censo industrial.
- Modelo de tarificación.
- Modelo de procedimiento administrativo.
- Modelo de gestión
- Modelo de inspección.
- Sectorización de la red.

### **IMPLANTACIÓN DE UNA RED AUTOMÁTICA, PARA CONTROL DE CALIDAD Y DETECCIÓN DE VERTIDOS INDUSTRIALES, EN LOS COLECTORES MUNICIPALES**

Una red integral de control automático y continuo del saneamiento, está subdividida en cuatro redes básicas:

- Red de calidad: control de acometidas industriales y colectores de saneamiento.
- Red de caudal y rendimiento: control de EBAR/EBP (energético y horas de funcionamiento) y caudalimetría.
- Red de control de explotación: control de EBAR/EBP (operacional) y tanques de tormenta.
- Red de Edar's: control continuo de procesos de depuración.

### **RED PARA CONTROL DE CALIDAD**

En base a la experiencia de AQUAPLAN, en la resolución de este tipo de problemáticas, definimos una estrategia de control, que consistió en adaptar dos tipos de soluciones. El primer tipo, basado en cabinas de analizadores, para control de



## **Congreso Nacional del Medio Ambiente** Cumbre del Desarrollo Sostenible

calidad en colectores. El segundo tipo, está basado en la medición directa en el punto de conexión a saneamiento, de una industria.

La estrategia de control a seguir en cada red de saneamiento, se adapta, en función de las necesidades concretas de la misma.

### **CONTROL DE CALIDAD EN COLECTORES MUNICIPALES**

Las especificaciones técnicas, que cumplen las cabinas de analizadores, denominadas “Estaciones para Control de Saneamiento” (ECS), son:

- Dotadas de toma de muestras automáticas para veinticuatro botellas.
- Capacidad para la medición de múltiples parámetros.
- Posibilidad de albergar una amplia gama de instrumentos de medición.
- Muestra extraída del colector y acondicionada.
- Integrable en redes de telecontrol ya operativas.
- Capacidad de envío de alarmas mediante SMS.
- Instalación de equipos de cabina de analizadores climatizada y desodorizada.
- Disponibilidad de servicios en circuitos auxiliares.
- Sondas instaladas en alojamientos específicos.
- Equipadas con controlador de lógica programable. “Standard”.
- Software de control para autolimpieza por proceso de operación.
- Alojamiento específico para bombas de captación.
- Control de operatividad por unidades funcionales.
- Señalización de parámetros de medida y estado operativo de las unidades funcionales.

### **CONTROL DE VERTIDOS INDUSTRIALES**

Las especificaciones técnicas, que cumplen las denominadas “Estaciones para Control de Vertidos” (ECV), son:



## **Congreso Nacional del Medio Ambiente**

### Cumbre del Desarrollo Sostenible

- Número limitado de parámetros.
- Restricción en la cantidad de instrumentos instalables.
- Sin extracción de muestra.
- Integrable en estaciones o redes de telecontrol ya operativas.
- Implantación en aceras de la vía pública.
- Consumo eléctrico limitado en la instalación.
- Posibilidad de alimentación mediante energía solar.
- Sistema alojado en armario eléctrico convencional.
- Circuito de autolimpieza en el interior del mismo armario.
- Sondas de medida introducidas en el colector.
- Controladores de lógica no programable.
- Consumo total de la instalación inferior a 22 W/h (24 Vcc).

### **ASISTENCIAS TÉCNICAS PARA SOLUCIONES ESPECÍFICAS**

En ocasiones y debido a la heterogeneidad de los procesos productivos industriales, para abordar el problema planteado, es necesario un estudio particularizado, para adaptar la solución específica.

En estos casos, AQUAPLAN ofrece la elaboración de informes técnicos y desarrollo de procedimientos específicos, para soluciones concretas.

### **DESARROLLO DE HERRAMIENTAS PARA APOYO A LA GESTIÓN**

- Aplicación de gestión cartográfica. Elaboración de base de datos para conducciones (GIS).
- Aplicación de gestión comercial. Mantenimiento de altas y clientes.
- Aplicación de gestión técnica básica. Mantenimiento de datos analíticos de acometidas: datos de inspección (analíticas rutinarias y extraordinarias, datos de telecontrol).
- Aplicación de gestión técnica avanzada. Enlace de la cartografía sectorizada, los datos analíticos puntuales y los datos en continuo.



## **Congreso Nacional del Medio Ambiente**

Cumbre del Desarrollo Sostenible

- Puesta en marcha de teléfonos de atención y apoyo al industrial. Con objeto de asesoramiento y sensibilización.

### **ESTABLECIMIENTO DE UN PLAN DIRECTOR**

El establecimiento de dicho plan, es fundamental para:

- Facilitar la conectividad complementaria las soluciones.
- Obtener resultados cuantificables a lo largo del desarrollo de la ejecución.
- Ampliar la cobertura de la gestión del cliente, intensificando sus actividades en la explotación de la red de saneamiento.

### **ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO Y ECONÓMICO**

El establecimiento de un plan director, como se cita en el apartado anterior, permite que no sea necesaria la adquisición del proceso completo. Facilita la adquisición parcial de la propuesta total es decir, asimilable a una propuesta de módulos independientes y complementarios.

En caso de que el Gestor, esté interesado en esta propuesta, AQUAPLAN realizará el estudio técnico económico para su viabilidad, en tres aspectos: implantación, ejecución y explotación.

### **CONCLUSIONES**

De la aplicación de las soluciones planteadas y, tomando como referencia nuestra experiencia acumulada, los beneficios obtenidos trazables a corto y medio plazo, son:

- Reducción gradual de la contaminación industrial del agua residual, de procedencia urbana.
- Reducción de sanciones administrativas, por incumplimiento de la calidad de vertido a dominio público.
- Seguridad jurídica.
- Disminución de costes de mantenimiento.



## **Congreso Nacional del Medio Ambiente**

Cumbre del Desarrollo Sostenible

- Disminución de costes de explotación.
- Mejoras en los rendimientos de las depuradoras urbanas.
- Obtención de modelos de funcionamiento en la red. Permite tanto el seguimiento de evolución de parámetros, como la planificación de ampliaciones y estrategias de explotación.



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

## **REDES DE TELEFONÍA MÓVIL PARA PROTECCIÓN Y CONTROL MEDIOAMBIENTAL: CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD**

*José Javier Martínez Vázquez*

*Vocal de la A.E.I.T. en el Comité de Ingeniería y Desarrollo Sostenible. Instituto de la Ingeniería de España*

### **INTRODUCCIÓN**

El rápido despliegue de la red de telefonía móvil por los operadores arrendatarios de este servicio, hace que su implantación en determinadas áreas, para la puesta en marcha de redes de protección y control medioambiental, presente unas características muy positivas: 1. Costes de infraestructura muy bajos. 2. Funcionamiento eficaz entre zonas dispersas geográficamente. 3. Operación desde lugares inaccesibles o de muy difícil acceso para otros medios de transmisión. A todo esto hay que añadir que estas redes, desde el punto de vista medioambiental, no son agresivas ni con la vegetación, ni con el suelo, ni con el paisaje. Por tanto, las redes de telefonía móvil constituyen una alternativa a tener en cuenta a la hora de implantar redes de protección y control medioambiental, ya que además, manejan información en tiempo real y pueden transmitir no sólo datos sino también imágenes.

La aparición de las redes UMTS (Universal Mobile Telephone Service), también denominada tercera generación (3G) de telefonía móvil, mientras se encuentran a pleno rendimiento las redes GSM de segunda generación, sugiere el establecimiento de un análisis comparativo entre ambos sistemas desde una perspectiva medioambiental.

### **INTERFAZ RADIO**

En los sistemas de telefonía móvil, el interfaz radio es el punto de contacto entre el sistema y el medio ambiente, es, en consecuencia, el eje central de este análisis. Se elige como criterio, el nivel de referencia de la densidad de potencia radiada, por su fácil evaluación a partir de la potencia equivalente radiada isotrópicamente (PIRE) por las antenas situadas en las estaciones base y nodos b, así como en los terminales móviles o



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

equipos de usuario. El nivel de referencia se define como el valor que asegura el cumplimiento de los límites básicos de exposición a los campos electromagnéticos. En nuestro país, los niveles de referencia vienen regulados por el **Reglamento que establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas**, que determina para las frecuencias utilizadas en radiotelefonía el siguiente nivel de referencia:

$$N_r = f / 200 \text{ vatios} / \text{m}^2 \text{ siendo } f \text{ la frecuencia en Mhz}$$

En los cuadros siguientes se indican las bandas de frecuencia utilizadas por los dos sistemas, UMTS y GSM, y los niveles de referencia de densidad de potencia radiada correspondientes a las mismas.

**UMTS**

| Modo | Enlace ascendente (MHz) | Enlace descendente (MHz) | Ancho de banda (MHz) | Nivel de referencia aproximado            |
|------|-------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------------------------|
| FDD  | 1.920 – 1.980           | 2.110 – 2.170            | 5                    | 10 w/m <sup>2</sup> =1 mw/cm <sup>2</sup> |
| TDD  | 1.900 – 1.920           | 1.900 – 1.920            | 5                    | 10 w/m <sup>2</sup> =1 mw/cm <sup>2</sup> |
| TDD  | 2.010 – 2.025           | 2.010 – 2.025            | 5                    | 10 w/m <sup>2</sup> =1 mw/cm <sup>2</sup> |

**GSM**

| Modo | Enlace ascendente (MHz) | Enlace descendente (MHz) | Ancho de banda (KHz) | Nivel de referencia aproximado             |
|------|-------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------------------------|
| TDD  | 890- 915                | 935 - 960                | 200                  | 5 w/m <sup>2</sup> =0,5 mw/cm <sup>2</sup> |
| TDD  | 1.710 – 1.785           | 1.805 - 1880             | 200                  | 10 w/m <sup>2</sup> =1 mw/cm <sup>2</sup>  |

Puede observarse como las bandas de frecuencias más altas, las asignadas a UMTS y GSM (banda II) presentan un valor de nivel de referencia que es aproximadamente el doble de los correspondientes a aquellas bandas con las frecuencias más bajas, que son las utilizadas por GSM (banda I). Lo que se ha denominado GSM (banda II), es más ampliamente conocido como estándar DCS (Digital Cellular System).





**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

**NODOS B Y ESTACIONES BASE**

En UMTS, para las células, las distancias aproximadas a partir de las cuales se cumple el nivel de referencia son de 60 cm para PIRE de 40 vatios y de 40 cm en el caso de PIRE de 20 vatios. Para las microcélulas, el nivel de referencia se cumpliría a partir de distancias de 12 cm y de 9 cm para PIRE de 2 y 1 vatio respectivamente.

**NODOS B**

| UMTS | POTENCIA     |         |
|------|--------------|---------|
|      | MICROCÉLULAS | CÉLULAS |
| 1    | 2 w          | 40 w    |
| 2    | 1 w          | 20 w    |

En GSM banda I, las distancias oscilan entre los 2,25 metros para PIRE de 320 vatios y los 20 cm en el caso de PIRE 2,5 vatios. Para el estándar DCS, estos valores se reducen a 1,6 metros para PIRE de 320 vatios y 14 cm para PIRE de 2,5 vatios.

**ESTACIONES BASE**

| GSM | POTENCIA MÁXIMA |
|-----|-----------------|
| 1   | 320 w           |
| 2   | 160 w           |
| 3   | 80 w            |
| 4   | 40 w            |
| 5   | 20 w            |
| 6   | 10 w            |
| 7   | 5 w             |
| 8   | 2,5 w           |

**EQUIPOS DE USUARIO Y TERMINALES MÓVILES DE ABONADO**

De acuerdo con la tabla que se muestra a continuación, para el sistema UMTS, los niveles de referencia se cumplirían a distancias que oscilarían entre los 12,5 cm correspondientes a terminales de potencia máxima de emisión de 2 vatios y de 3 cm para terminales de 125 milivatios.



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

Cumbre del Desarrollo Sostenible

### EQUIPOS DE USUARIO

| UMTS | POTENCIA MÁXIMA |        |
|------|-----------------|--------|
| 1    | 33 dBm          | 2 w    |
| 2    | 27 dBm          | 500 mw |
| 3    | 24 dBm          | 250 mw |
| 4    | 21 dBm          | 125 mw |

En el caso del sistema GSM banda I, las distancias oscilan entre los 35 cm para PIRE de 8 vatios y los 11 cm en el caso de PIRE 0,8 vatios. Para el estándar DCS, estos valores se reducen a 25 cm para potencia radiada de 8 vatios y 8 cm para potencia radiada de 0,8 vatios.

### TERMINALES MÓVILES DE ABONADO

| GSM | POTENCIA MÁXIMA |
|-----|-----------------|
| 1   | -               |
| 2   | 8 W             |
| 3   | 5 W             |
| 4   | 2 W             |
| 5   | 0.8 W           |

Es importante reseñar que para terminales de bolsillo de uso habitual, UMTS clases 3 y 4 y GSM clases 4 y 5, considerando potencias máximas de emisión, es decir sin tener en cuenta el control de potencia, los niveles de referencia se cumplirían en equipos UMTS a escasos centímetros del terminal y siempre muy por debajo de los 8 cm de distancia mínima que se ha calculado para los equipos móviles de abonado GSM.

### CONTROL DE POTENCIA

El control de potencia es, sin duda, una de las diferencias más notables en relación con la telefonía móvil analógica. Implica mejoras en la gestión de red y en lo que se ha dado en llamar la contaminación radioeléctrica.

En los sistemas GSM, la activación del control de potencia produce incrementos o disminuciones de la potencia emitida desde el terminal móvil o desde la estación base en función de la distancia que los separa y en consecuencia en función de la atenuación de señal entre ambos. Este control de potencia mantiene en todo momento la potencia mínima que asegure los niveles de señal de RF y calidad de señal adecuados. Los



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

### Cumbre del Desarrollo Sostenible

terminales móviles pueden variar su potencia de salida entre un valor máximo, reseñado en las tablas del apartado anterior, y un valor mínimo de 20 milivatios, en pasos de 2 dB. El terminal móvil al pedir un canal dedicado para establecer una llamada a través del RACH (Random Access Channel), utilizará la potencia menor entre la máxima definida por su clase y la máxima permitida en la celda en la que se encuentra y que se difunde a través del canal de radio BCCH (Broadcast Control Channel). A través de los canales asociados, tanto ascendente como descendente, SACCH (Slow Associated Control Channel) se ajusta la potencia en la estación base y el terminal móvil de abonado.

En la telefonía UMTS, la utilización de un ancho de banda considerablemente mayor que el empleado por otros sistemas se traduce no sólo en una mayor velocidad de transmisión sino que además es posible el trasiego de información con relaciones señal-ruido mucho más pobres. Por esta razón, la medida y ajuste de la potencia en los sistemas 3G, con tres tipos de control de potencia, tiene un grado de sofisticación mayor que el de los sistemas 2G.

El control lento, interno y de bucle abierto, utiliza como referencia una señal piloto en el enlace descendente para estimar el valor medio de la atenuación de propagación y utilizarlo para compensar las fluctuaciones medias en el enlace ascendente. Es decir se compensan variaciones lentas de las pérdidas por propagación. Se utiliza este mecanismo cuando se incorpora un móvil a la red y se desconoce, en principio, el nivel de potencia de emisión que debe utilizar. Antes de iniciar la comunicación se lleva a cabo este control por medio del canal físico de acceso aleatorio RACH y el canal de transporte común ascendente que habilita reserva en el modo paquete (CPCH). Un desvanecimiento rápido en el enlace descendente puede ocasionar una corrección indebida de potencia en el enlace ascendente, por lo que es necesario un ajuste rápido. El control rápido, interno y de bucle cerrado, contrarresta el efecto cerca-lejos que se produce en todos los sistemas de telefonía móvil, pero que resulta crítico en UMTS, ya que utiliza un método de acceso CDMA cuyo nivel de calidad viene fijado por las interferencias generadas por otros usuarios que comparten recursos y banda de frecuencias de trabajo. Este control de potencia tiene por objeto independizar la calidad del enlace, especificada por una relación señal a interferencia objetivo, de las condiciones de propagación. Debe de actuar con la rapidez suficiente para contrarrestar los desvanecimientos rápidos, selectivos en frecuencia y asociados básicamente a vehículos en movimiento. Se efectúa con una frecuencia de 1500 modificaciones por segundo. Su funcionamiento es satisfactorio para velocidades de hasta 70 ó 80 km/h. (Para velocidades superiores el control de potencia rápido deja de ser efectivo y el nivel de calidad depende entonces de técnicas de codificación y entrelazado). Se aplica tanto en el enlace ascendente como en el descendente, pero sólo a los canales dedicados de transporte en modo circuito y a los canales comunes que habilitan reserva en el modo paquete (CPCH). El resto de los canales no disponen de este mecanismo de control de



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

### Cumbre del Desarrollo Sostenible

potencia. El Nodo B mide la relación señal a interferencia sobre la comunicación y la posterior indicación de corrección de la potencia a emitir desde el otro extremo de la comunicación para obtener una nueva relación señal a interferencia dentro de los márgenes preestablecidos. Por último, el control externo, es también de bucle cerrado, lleva a cabo una estimación de la calidad de la comunicación establecida a través de la evaluación de la tasa de error de bit o la tasa de error de la trama de la comunicación, siendo ésta la referencia utilizada para forzar la modificación en la potencia de emisión sobre el otro extremo de la comunicación. Este control corrige los desajustes que se producen entre la relación señal a interferencia obtenida en el proceso de gestión de potencias y la necesaria para obtener una calidad determinada. Para cada conexión, se ajusta el valor de la relación señal a interferencia a un valor objetivo en función de la calidad deseada, a niveles superiores a la capa física.

### **TRANSMISIÓN DE IMÁGENES**

Una de las ventajas del empleo de la telefonía móvil en redes de protección y control medioambiental es la posibilidad que ofrecen de transmitir imágenes. Dado que este servicio no tendría carácter conversacional serían suficientes velocidades de transmisión del orden de 20 kb/s.

En redes GSM, la transmisión de datos de forma eficiente, a velocidades superiores a unos pocos kb/s, necesita de la aplicación del sistema GPRS (General Packet Radio Service) como medio de transmisión mediante la técnica de conmutación de paquetes. Para utilizar GPRS es necesario ampliar el núcleo de la red GSM con dos nuevos elementos: El Serving GPRS Support Node (SGSN) que complementa las funciones de la central de conmutación de circuitos MSC, básicamente el control de acceso a la red y la localización de terminales, para la tecnología de conmutación de paquetes, y la pasarela Gateway GPRS Support Node (GGSN) que se encarga de la conexión con otras redes. Como es lógico la implantación de los dos nuevos elementos obliga a definir los interfaces entre éstos y el resto del núcleo de la red ya existente. GPRS utiliza además otros equipos de la red GSM, tanto del núcleo como del subsistema radio: Las bases de datos, VLR y HLR, las estaciones base BTS's y el equipo de control de éstas últimas BSC.

Empleando GPRS se pueden alcanzar tasas de 21,4 kb/s por cada Time Slot de una portadora GSM. De esta forma asignando uno o varios Time Slots al sistema GPRS, es posible la transmisión de imágenes en GSM.

En el caso de redes UMTS, la velocidad de transmisión de datos especificada en el medio rural es de 144 kb/s, por lo que la transmisión de imágenes no necesitaría de ninguna técnica complementaria.



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

Cumbre del Desarrollo Sostenible

### **OTRAS CONSIDERACIONES DE INTERÉS**

Hasta ahora la energía para la alimentación de los terminales móviles se obtiene de baterías o acumuladores. No obstante, este tipo de alimentación suele tener un coste económico alto, sus dimensiones son considerables en relación con el tamaño del terminal y necesita continuamente mantenimiento para la recarga o sustitución. Se han probado multitud de fórmulas alternativas, como la utilización de baterías de alta capacidad, para paliar los inconvenientes que se acaban de mencionar. Sin embargo las técnicas más prometedoras, las que actualmente son objeto de estudio e investigación, son las denominadas técnicas de “harvesting”, que consisten en obtener (cosechar) de los recursos ambientales la energía necesaria para la alimentación de los terminales móviles.

Las técnicas de “harvesting” utilizan cuatro fuentes primarias de energía: luz, radiación electromagnética, gradiente de temperatura y movimiento. La energía solar fotovoltaica, aún siendo la más desarrollada, está muy limitada por su dependencia de la disponibilidad de la luz solar así como por el elevado coste de la instalación. La radiación electromagnética puede suministrar energía de forma continua pero necesita una infraestructura dotada de su propia fuente de alimentación. La utilización del efecto termoeléctrico está sujeta a la existencia de grandes cambios de temperatura dentro del dispositivo, lo que reduce su campo de aplicación a circuitos integrados de bajo nivel de integración. La energía cinética, que aprovecha el movimiento o la vibración, es la que actualmente está considerada como la más versátil, incluso utilizando la terminología actual, la más ubicua.

En el caso que nos ocupa, las redes de telefonía móvil para protección y control medioambiental, las técnicas más apropiadas serían la energía solar fotovoltaica o la radiación electromagnética. En ambos casos se aprovecharían las bajas potencias de utilización de los equipos de usuario de la telefonía UMTS.

Es más, las técnicas “harvesting”, pueden potenciar el desarrollo del modo de funcionamiento ODMA, dando lugar a redes de muy bajo consumo. El funcionamiento en modo ODMA (Opportunity Driven Multiple Access) es un protocolo de comunicaciones para UMTS TDD, encaminado a incrementar los servicios de datos a altas velocidades de transmisión. Consiste fundamentalmente en que los usuarios que están fuera de cobertura utilizan a otros usuarios como repetidores para alcanzar una estación base. Está pensado para el modo de duplexado TDD en el que las frecuencias de transmisión y recepción son las mismas.



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

Cumbre del Desarrollo Sostenible

### CONCLUSIONES

En la introducción a este trabajo, ya se ha reseñado el carácter sostenible de las redes de telefonía móvil aplicadas a la protección y el control medioambiental. De la exposición y el análisis realizados, cabe concluir que las redes de tercera generación, con respecto a las de segunda generación, aportan mejoras significativas a la sostenibilidad de la telefonía móvil, por los motivos que a continuación se resumen:

1. En lo relativo al interfaz radio, y con carácter general, la tercera generación conjuga mayores niveles de referencia con potencias de emisión más bajas.
2. El acceso múltiple por CDMA, permite potencias de transmisión muy bajas, tanto en los Nodos B, como en los equipos de usuario. Estas potencias son considerablemente menores que las transmitidas por las estaciones base y los terminales móviles de abonado.
3. Los equipos UMTS emplean un mecanismo de control de potencia mucho más complejo y eficaz que el utilizado en GSM.
4. Las distancias a las que se alcanzan los niveles de referencia en la telefonía UMTS son mucho menores que en GSM. En el caso concreto de los equipos de usuario, estas distancias son de escasos centímetros, lo que unido al control de potencia 3G, implica un avance muy importante con respecto a los terminales móviles de abonado.
5. Los sistemas 3G pueden transmitir imágenes sin necesidad de alteraciones en su arquitectura.
6. El desarrollo de nuevas técnicas, unas para la alimentación de los terminales móviles, conocidas como técnicas de "harvesting", otras de índole funcional como el modo de funcionamiento ODMA, podría añadir un considerable ahorro en el consumo de estos sistemas, haciéndolos aún más sostenibles.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. O'Donnell, R. Energy Harvesting From Human and Machine Motion for Wireless Electronic Devices. Poceedings of the IEEE. September 2008
- [2]. Gorriacho Moreno, M. y J.L. Comunicaciones móviles. Ediciones UPC. 2002
- [3]. Comunicaciones móviles de tercera generación. Telefónica móviles. 2001
- [4]. Hernando Rábanos, J.M. Comunicaciones móviles. Centro de estudios Ramón Areces. 2004
- [5]. Rappaport, T.S. Wireless Communications. IEEE Press. 1996
- [6]. The Mobile Communications Handbook. IEEE Press. 1996
- [7]. Multiple Access Communications. IEEE Press. 1992



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

## CONCLUSIONES

**GRUPO DE TRABAJO  
TELEDETECCIÓN Y SENSORES MEDIOAMBIENTALES**



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

Cumbre del Desarrollo Sostenible

### TELEDETECCIÓN

1. De cara al futuro, la red española de lidares de aerosoles, **SPALINET** quiere mantener los niveles de calidad que ha ido controlando durante los dos primeros años de existencia de la red. Se incorporarán dos nuevos miembros ubicados en el oeste de la Península Ibérica: el Centro de Geofísica de Évora y la Universidad de Algarve. La red pretende además actuar como un único interlocutor en campañas de medida tanto de ámbito nacional como internacional. En un futuro relativamente cerca, a parte de las medidas vinculadas al proyecto **EARLINET** (European Aerosol Research Lidar Network to Establish an Aerosol Climatology), se está planteando una participación en el proyecto **ChArMEx** (Chemistry-Aerosol Mediterranean Experiment).
2. **SPALINET**, se propone reforzar y complementar la consecución de los objetivos de **EARLINET** en los siguientes aspectos:
  - Mantener el control de calidad de las estaciones lidar españolas y portuguesas al nivel más alto posible mediante la difusión de buenas prácticas de control y operación de los sistemas, así como la verificación “extremo a extremo” de las prestaciones.
  - Establecer normas comunes para instrumentos lidar avanzados, que permitan mejorar la cobertura temporal, los procedimientos de operación, el procesamiento de los datos y la recuperación de los parámetros ópticos, microfísicos, etc... de interés.
  - Establecer normas para el formato de los datos para facilitar el acceso interno y externo a los mismos (por ejemplo, por parte de investigadores de la atmósfera, obtención de modelos climáticos a escala regional o global, utilizadores de datos de satélites, etc...).
  - Servir de núcleo inicial para el desarrollo de la comunidad española y portuguesa de lidares e incentivar la participación en ella para mejorar la cobertura espacial de medidas verticales de aerosoles en el territorio español y portugués ayudando a superar una de las carencias en la implantación geográfica de **EARLINET**.





## Congreso Nacional del Medio Ambiente

Cumbre del Desarrollo Sostenible

3. Es necesario proteger los bosques, minimizando el impacto de los desastres naturales, por medio de la ordenación forestal. Esta ordenación depende del conocimiento de la cantidad y calidad de ejemplares, para lo cual se realizan inventarios con datos recogidos en áreas boscosas, incluyendo la deducción de las existencias de madera en los arboles vivos. Las técnicas basadas en lidar, que comenzaron a aplicarse con éxito en inventarios forestales de los países nórdicos y de las que se obtiene un modelo numérico del terreno, constituyen un método rápido y fiable para obtener datos tridimensionales, medidos con gran exactitud.

4. Para determinar la presencia de residuos en el suelo y su caracterización, la utilización de imágenes hiperespectrales es el método más adecuado. No existe otra metodología, además del trabajo de campo directo, para obtener este tipo de información.

Se ha comprobado que la capacidad de obtener información térmica y la posibilidad de realizar índices de vegetación que permiten las imágenes hiperespectrales permite elaborar mapas de distribución de purines de, al menos, un año de antigüedad. No existe otra técnica que permita obtener este tipo de información.

Se ha demostrado la capacidad de un sensor hiperespectral para determinar si los tejados contienen asbesto, no existiendo otra forma de obtener este dato de una manera adecuada.

Claramente la metodología desarrollada por **INDRA Espacio** mejora los mapas clásicos de caracterización de suelos contaminados.

Mediante este trabajo se ha conseguido un alto conocimiento en tecnologías hiperespectrales y en la aplicación de tecnologías aeroespaciales a la caracterización de suelos degradados, convirtiéndose **INDRA Espacio** en una empresa con una adecuada posición en este sector.

La dependencia de sensores aerotransportados debido a la baja resolución espacial de datos hiperespectrales de satélite supone una clara desventaja en cuanto a la disponibilidad de datos y precios de los mismos. Se espera que a medio plazo la dependencia sea menor y que se lancen satélites que reúnan las condiciones necesarias para este tipo de estudios.



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

Cumbre del Desarrollo Sostenible

5. Utilizando un diodo láser de bajo coste, una cámara digital comercial y apoyados en herramientas de procesado de libre distribución y fácil manejo, miembros del **Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones de la Universidad de Alcalá**, han conseguido patrones de las estructuras de la superficie de la madera que permiten diferenciar muestras que a simple vista serían indistinguibles, a la vez que se obtienen propiedades regulares de la estructura de la madera.

Con este trabajo se pretende dar un primer paso en el control de calidad de la madera utilizando métodos no invasivos que, con un presupuesto reducido, permita controlar en tiempo real los procesos de control de calidad de la madera, identificando las diferentes especies y, en su caso, la presencia de defectos o la identificación de los tratamientos a que haya sido sometida, con independencia de si son maderas aserradas, chapas, tableros contrachapados, tableros de partículas o tableros de fibras.

## REDES Y SENSORES DE DATOS AMBIENTALES

1. La *convergencia IP* o utilización de una infraestructura común de transmisión de datos para todos los servicios de telecomunicaciones: voz, datos y vídeo, es algo más que un mero avance en el ámbito de lo estrictamente tecnológico para trascender al terreno medioambiental como una tecnología sostenible y, en consecuencia, parece aconsejable su desarrollo e implantación.
2. Las nuevas necesidades de equipos para los controles de calidad de las aguas que el cumplimiento de la normativa comunitaria exige, tendrán que operar en condiciones específicas mucho más exigentes que las líneas de equipos existentes hasta la fecha, por el hecho de tener que operar en emplazamientos variables y a unos costes muy bajos; será deseable disponer de más puntos de control y no se dispondrá de los medios económicos necesarios.



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

### Cumbre del Desarrollo Sostenible

Las especificaciones exigidas a estos nuevos equipos solo son alcanzables integrando nuevas tecnologías, especialmente en los campos del uso de las sondas, los bajos consumos energéticos y el uso ventajoso de las redes existentes de comunicación de datos operadas a nivel nacional.

La gama de productos que se puede pensar estarán disponibles en un futuro más o menos próximo, podrán utilizarse en el seguimiento de la calidad de las aguas superficiales en puntos, hoy no justificables por su coste si se utilizan los medios clásicos disponibles, además de incorporar ciertos tipos de control hoy difíciles de conseguir.

El **AQUASCAUT de ADASA SISTEMAS** es uno de los primeros equipos disponibles que puede cumplir estas exigencias y que se ha probado con éxito en una aplicación deseable para muchos gestores como autocontrol y para las Autoridades competentes como medio de control de la bondad de uno de los vertidos más frecuentes (los efluentes de las Estaciones de Depuración de Aguas Residuales), su adecuación a las autorizaciones concedidas y el seguimiento de las causas que pueden afectar al logro de los objetivos de calidad de algunas masas de agua receptoras de vertidos procedentes de procesos bastante más descontrolados de lo que se supone, al operar durante bastante tiempo, fuera de los márgenes de calidad fijados por la norma.

3. La necesidad de desarrollar métodos para el control y la vigilancia de los vertidos de las empresas potencialmente contaminantes surge de la creciente actividad industrial. El objetivo, es el control y la caracterización del agua residual circulante por los colectores de las redes de saneamiento mediante la implantación y mantenimiento de nuevos sistemas, o la adaptación de sistemas ya existentes. De la aplicación de estas posibles soluciones se obtienen a corto y medio plazo los siguientes beneficios:

- Disminución gradual de la contaminación industrial del agua residual, de procedencia urbana.
- Supresión del riesgo de sanciones administrativas, por incumplimiento de la calidad de vertido a dominio público.
- Seguridad jurídica.
- Reducción de costes, tanto de explotación como de mantenimiento.
- Mejoras en los rendimientos de las depuradoras urbanas.



## Congreso Nacional del Medio Ambiente

### Cumbre del Desarrollo Sostenible

- Obtención de modelos de funcionamiento en la red que permiten tanto el seguimiento de la evolución de los parámetros, como la planificación de ampliaciones y estrategias de explotación.

**AQUAPLAN**, dispone de una amplia experiencia como ingeniería en gestión integral del agua. Está, por consiguiente, capacitada y tiene experiencia para definir e implantar un sistema de gestión y control de la red de saneamiento, identificando el alcance y las necesidades reales de cada caso particular.

4. La aparición de las redes UMTS (Universal Mobile Telephone Service), también denominada tercera generación (3G) de telefonía móvil, mientras se encuentran a pleno rendimiento las redes GSM de segunda generación, sugiere el establecimiento de un análisis comparativo entre ambos sistemas desde una perspectiva medioambiental. Del análisis realizado, cabe concluir que las redes de tercera generación, con respecto a las de segunda generación, aportan mejoras significativas a la sostenibilidad de la telefonía móvil, por los motivos que a continuación se resumen:

a. En lo relativo al interfaz radio, y con carácter general, la tercera generación conjuga mayores niveles de referencia con potencias de emisión más bajas. b. El acceso múltiple por CDMA, permite potencias de transmisión muy bajas, tanto en los Nodos B, como en los equipos de usuario. Estas potencias son considerablemente menores que las transmitidas por las estaciones base y los terminales móviles de abonado. c. Los equipos UMTS emplean un mecanismo de control de potencia mucho más complejo y eficaz que el utilizado en GSM. d. Las distancias a las que se alcanzan los niveles de referencia en la telefonía UMTS son mucho menores que en GSM. En el caso concreto de los equipos de usuario, estas distancias son de escasos centímetros, lo que unido al control de potencia 3G, implica un avance muy importante con respecto a los terminales móviles de abonado. e. Los sistemas 3G pueden transmitir imágenes sin necesidad de alteraciones en su arquitectura. f. El desarrollo de nuevas técnicas, unas para la alimentación de los terminales móviles, conocidas como técnicas de "harvesting", otras de índole funcional como el modo de funcionamiento ODMA, podría añadir un considerable ahorro en el consumo de estos sistemas, haciéndolos aún más sostenibles.