

# **SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LAS MASAS FORESTALES DEL ENTORNO DE ZONAS INDUSTRIALES EN EL NOROESTE PENINSULAR**

Autores: Fernández Armas, R.; Louzao Gato, M.J.; Ostolaza Alfaro, T.; Vilariño García, M.  
Soluziona Calidad y Medio Ambiente, Carretera Nacional VI, km. 582, 15168 Sada, A Coruña.  
e-mail: rfernandez@soluziona.com

## **RESUMEN**

Soluziona Calidad y Medio Ambiente elabora desde el año 1993 el Estudio Caracterización Ecológica y Control de las Masas Forestales del Entorno de Zonas Industriales en el Noroeste Peninsular. En éste se realizan estudios pormenorizados en parcelas de observación en las que principalmente se examinan la vegetación (estado de copa y foliar de perennifolios y caducifolios, estado fitosanitario, sotobosque), el suelo y la deposición global, con el objeto de analizar la influencia de la actividad industrial en las masas forestales.

**P.C.:** caracterización, parcelas, industrial, Noroeste.

## **SUMMARY**

Since 1993 Soluziona has been developing the sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests regions in the NW area of Spain. Some monitoring plots have been studied analyzing the influence of the industrial activity in the forest areas (the analysis concerns vegetation analysis: needles and leaves, crown condition, ground vegetation, deposition, soil analysis and phytosanitary condition).

**K.W.:** sampling, assessment, plots, industrial, Northwest.

## **INTRODUCCIÓN:**

En 1986, la Unión Europea aprobó el “Programa de protección de los bosques contra la contaminación atmosférica”, fruto de la preocupación existente por el deterioro de las masas forestales. Los países miembros de la Comunidad Europea decidieron en 1987 (Reglamento CEE 1696/87) realizar Inventarios de Daños Forestales (IDF).

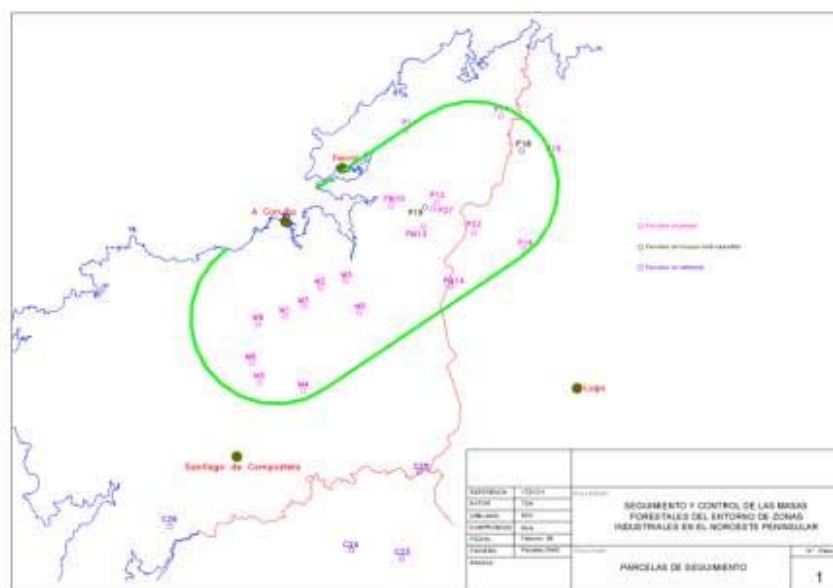
De acuerdo a las líneas definidas en los sucesivos Reglamentos europeos, Soluziona Calidad y Medio Ambiente desarrolla, desde el año 1993, un estudio de seguimiento y control de las masa forestal del entorno de zonas industriales en el Noroeste peninsular.

Los objetivos de este estudio multidisciplinar son (Martin Lorenz, 2000):

- Conocer la evolución de las masas forestales en función de los agentes bióticos y abióticos detectados.
- Contribuir a un mejor conocimiento del impacto de los contaminantes atmosféricos y otros factores de estrés sobre el ecosistema forestal.
- Identificación de interacciones entre los elementos que componen el ecosistema forestal (vegetación, suelos, atmósfera).

## **MATERIAL Y MÉTODOS:**

El área de estudio es una superficie de 3.416 km<sup>2</sup>, localizada al NW de España y cuyo territorio pertenece administrativamente a las provincias de Lugo y A Coruña. Anualmente se realiza un completo seguimiento de 21 parcelas situadas en esta área y de 4 parcelas fuera de la misma que sirven de contraste de resultados.



**Figura 1. Área de estudio**

Las parcelas de estudio han de cumplir los siguientes condicionantes:

- Masa homogénea de pinos (*Pinus radiata*, *Pinus pinaster* o *Pinus sylvestris*) o de roble (*Quercus robur*) con una superficie mínima de 0,5 ha.
- Existencia en su cercanía de datos meteorológicos y de calidad del aire.
- Ubicadas en la dirección predominante de los vientos.
- Ausencia de fuerte actividad humana en sus proximidades (carreteras, granjas, etc.).

El programa de seguimiento se realiza de forma modular, es decir, se analizan por separado los distintos componentes del medio para luego establecer relaciones entre los resultados obtenidos en cada uno de ellos:

- Clima.
- Calidad del aire.
- Suelos.
- Vegetación.
- Deposición global.
- Discusión de resultados.

En las tablas siguientes se resumen los principales trabajos de campo y laboratorio realizados anualmente y su periodicidad:

**Tabla 1. Trabajos de campo**

| DESCRIPCIÓN                                                              | PERIODO           |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Evaluación del estado de copa –defoliación y decoloración- en frondosas. | Septiembre        |
| Muestreo de hojas y ramillos de frondosas.                               | Septiembre        |
| Evaluación del estado de copa en coníferas (defoliación y decoloración). | Noviembre         |
| Muestreo de acículas y ramillos de pinos.                                | Noviembre         |
| Muestreo de horizonte orgánico de suelo.                                 | Noviembre         |
| Muestreo de deposición global.                                           | Enero – Diciembre |
| Recopilación datos meteorológicos.                                       | Enero – Diciembre |

Tabla 2. Trabajos de laboratorio

| DESCRIPCIÓN                                                       |
|-------------------------------------------------------------------|
| Análisis químicos de hojas y ramillos de frondosas.               |
| Análisis químicos de acículas y ramillos de pinos.                |
| Análisis químicos de la disolución del suelo –horizonte orgánico. |
| Análisis químicos de deposición global.                           |

Las relaciones entre los factores de estrés y la condición y localización del ecosistema forestal, se indican a continuación:

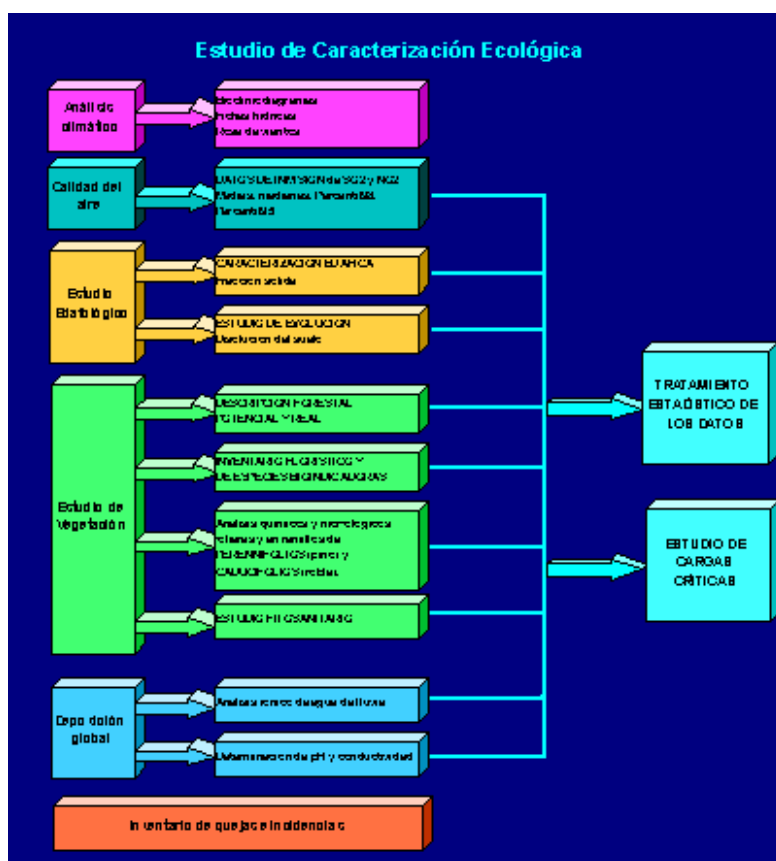


Figura 2. Interrelación entre los parámetros de estudio.

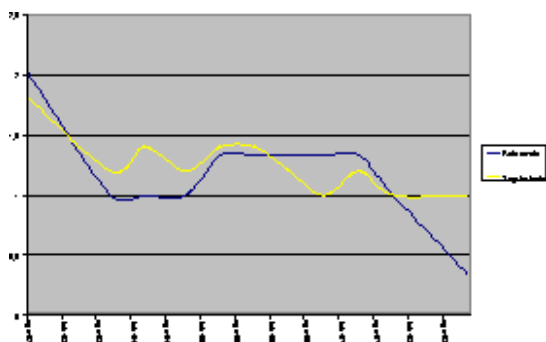
## RESULTADOS Y/O DISCUSIÓN:

### *Estudio de vegetación*

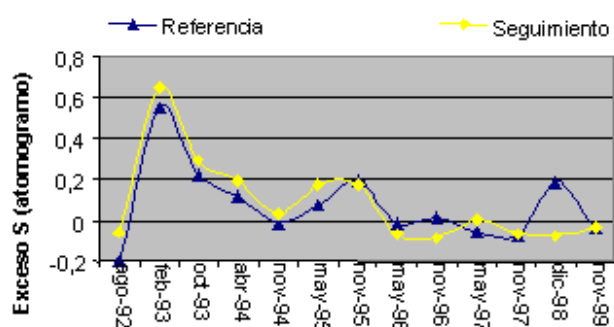
Desde el punto de vista de las características foliares la mayoría de las parcelas se clasifican como moderadamente defoliadas o sanas, de acuerdo a los criterios de la CE (ver gráfico 1).

La relación S estructural / N (expresado como átomo - gramo), es un índice ampliamente usado para el estudio del estado fisiológico de la vegetación, debido a que la capacidad de las plantas para metabolizar el azufre depende de la disponibilidad del nitrógeno para la síntesis de proteínas.

La relación ideal expresada como átomo – gramo presenta un óptimo de 0,030 para acículas y semillas de *Pinus sylvestris* y *Pinus radiata* (J. Kelly y M. J. Lambert, 1972). En el gráfico 2 se observa la evolución de la relación azufre estructural / nitrógeno.



**Gráfico 1. Defoliación.**

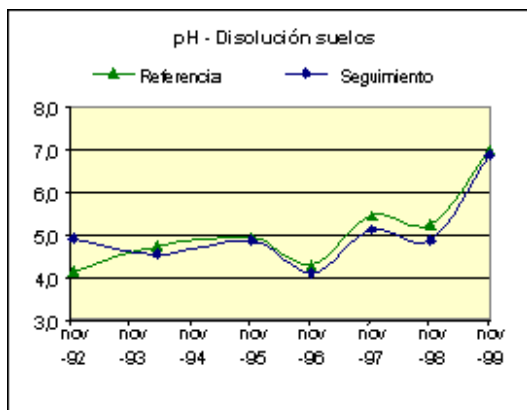


**Gráfico 2. Relación S estructural / N.**

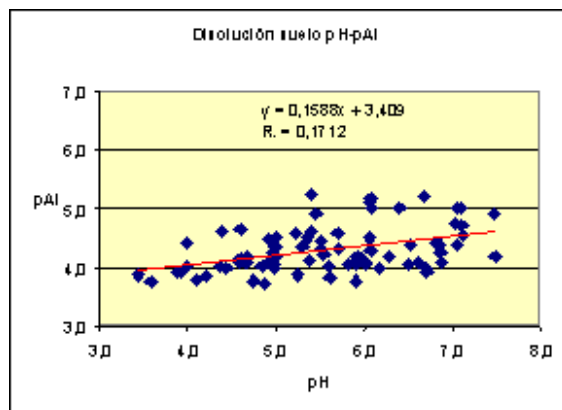
### ***Análisis de suelos***

El análisis del suelo junto con el de vegetación permite combinar la información y vincular las tendencias detectadas a la sinergia de varios factores medioambientales. A lo largo de los años de estudio, el pH de la disolución del suelo en el entorno de las parcelas de referencia y de las parcelas de seguimiento ha pasado de valores de pH ligeramente ácidos (pH 4) a neutros (pH 7) tal como se observa en el gráfico 3.

El aluminio es el metal más investigado en los sistemas ácidos. Se libera en los suelos ácidos cuya reserva básica se ha agotado. Primero reemplaza al calcio y al magnesio en el complejo de intercambio del suelo, y luego a los iones hidrógeno, al ser movilizados por un exceso de aniones presentes. La concentración logarítmica del aluminio está relacionada linealmente con el pH como se observa en el gráfico 4.



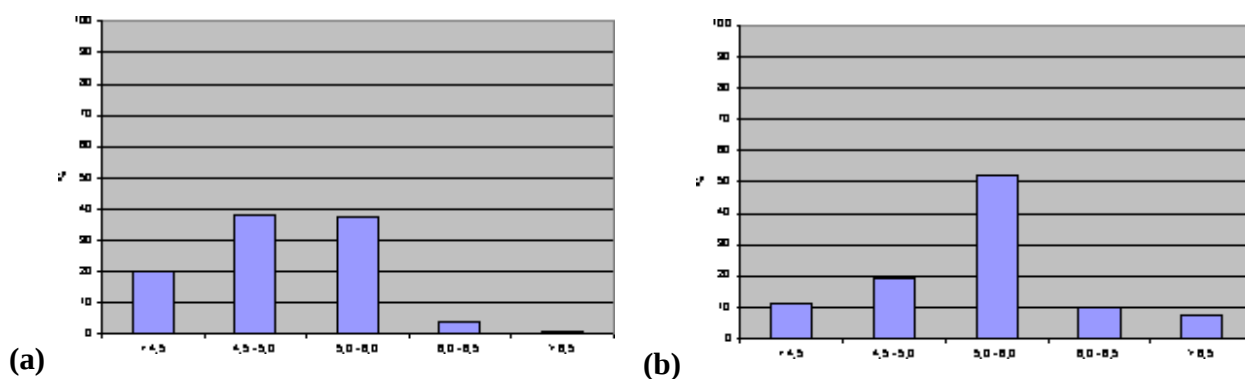
**Gráfico 3. Evolución del pH de los suelos.**



**Gráfico 4. Relación pAl / pH.**

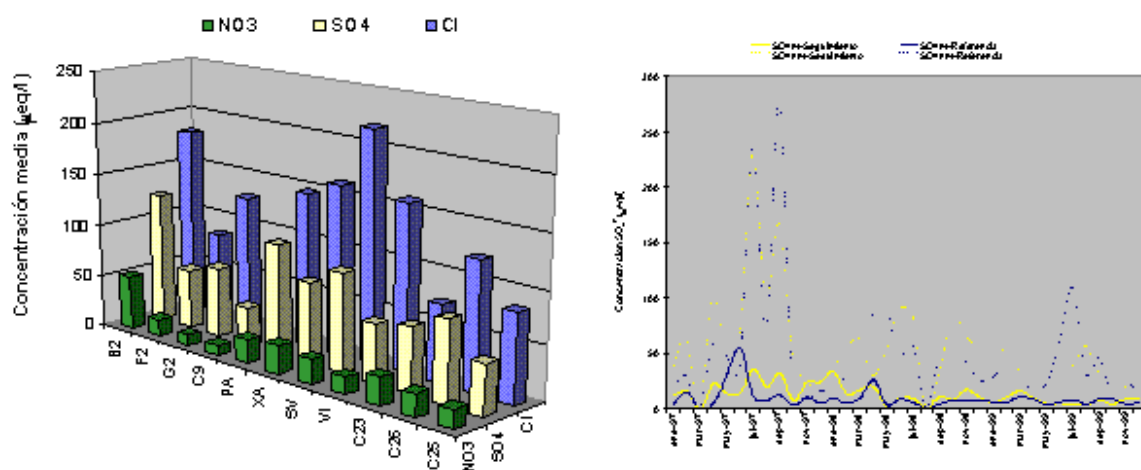
### ***Composición de la deposición global***

Los valores de pH en el agua de lluvia de las estaciones de referencia son ligeramente superiores a los valores obtenidos en las parcelas de seguimiento.



**Gráfico 5. pH del agua de lluvia en las parcelas de seguimiento (a) y referencia (b).**

Destacan los altos valores en cloruros y sodio detectados en el agua de lluvia, en clara correlación, debido a la influencia de los aerosoles marinos (ver gráfico 6). Representando el contenido en sulfatos en la deposición global en función de su origen, marino y no marino, se observa (gráfico 7) que el origen principal de los sulfatos es antropogénico.



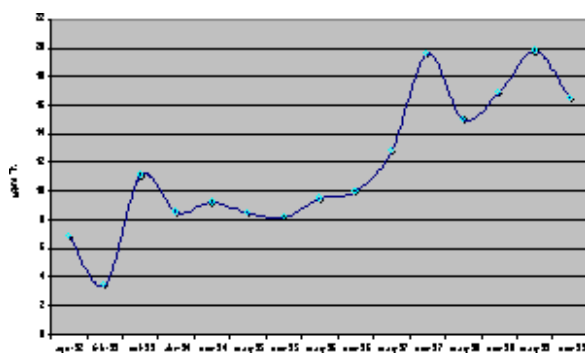
**Gráfico 6. Aniones en agua de lluvia.**

**Gráfico 7. Sulfatos de origen marino y no marino.**

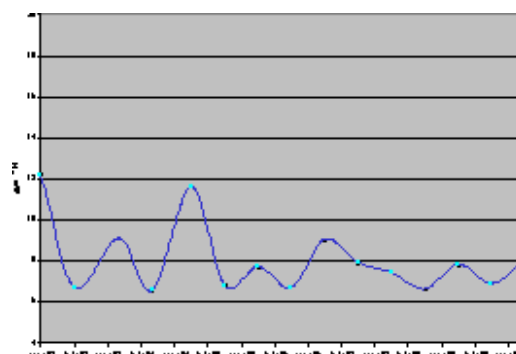
### *Evaluación de la calidad del aire*

La evolución de los valores medios de inmisión relativos a óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en la zona de estudio, para el periodo agosto de 1992 – noviembre de 1999 (Laboratorio de Medio Ambiente de Galicia, 1999), se indican en los gráficos 8 y 9.

Los valores de inmisión obtenidos, tanto para dióxido de azufre como para óxidos de nitrógeno, son inferiores a los valores límites fijados en la legislación.



**Gráfico 8: Inmisión media de NO<sub>x</sub>**



**Gráfico 9: Inmisión media de SO<sub>2</sub>**

## CONCLUSIONES

**Vegetación.** El grado de defoliación medio detectado es de clase I (levemente defoliado). La relación Azufre / Nitrógeno es superior a 0,03 en los primeros años, aunque ha disminuido hasta oscilar en torno a esta cifra tanto en las parcelas de seguimiento como en las parcelas de referencia.

**Suelos.** Se trata de suelos ácidos ( $4 < \text{pH} < 5,5$ ), desaturados y con las posiciones de cambio dominadas por los iones aluminicos. Los suelos del entorno de estudio son ricos en aluminio reactivo (formas inorgánicas de baja cristalinidad y complejos organoaluminicos), que actúa de regulador del pH ante el aporte de un agente acidificante

**Deposición global.** Los cloruros son los aniones mayoritarios, cuyo origen es básicamente marino; frente a los sulfatos que destacan por su origen antropogénico. La tendencia de evolución de la deposición de sulfatos no marinos es descendente, y constante la de sulfatos marinos.

El estudio de distribución de frecuencias de valores de pH muestran una clara tendencia de mayor acidez en la zona de seguimiento, frente a las parcelas de referencia.

**Calidad del aire.** Los valores medios presentan una tendencia decreciente en niveles de SO<sub>2</sub> y ligeramente creciente en NO<sub>x</sub>. Los valores de percentil 98, están muy alejados de los límites legales y por debajo del valor guía. Todos los registros de ozono son superiores al nivel de protección a la vegetación.

En resumen, ante los resultados obtenidos en el estudio y teniendo en cuenta el nivel de emisiones actual y la obligada disminución de las emisiones de azufre impuesta por la reciente Directiva de Techos Nacionales, no parece existir ningún riesgo grave de mortandad de las masas forestales a través de la acidificación del suelo.

## BIBLIOGRAFÍA

- KELLY, J. and LAMBERT, M.J. (1972). The relationship between sulphur and nitrogen in the foliage of *Pinus radiata*. *Plant and Soil* 37:395-407.
- LABORATORIO DE MEDIO AMBIENTE INDUSTRIAL DE GALICIA. Datos de las Redes de Control de inmisión.
- MARTIN, L (2000). Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests.