



Congreso Nacional del Medio Ambiente

CUMBRE DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

---

### **GT-27. Teledetección y sensores ambientales**

Sensores ópticos para la medida “in situ” de nitratos en aguas residuales

# Sensores ópticos para la medida “in situ” de nitratos en aguas residuales

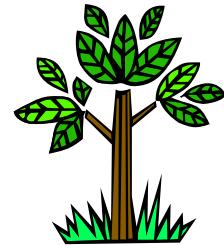
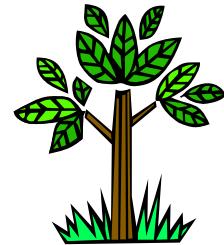
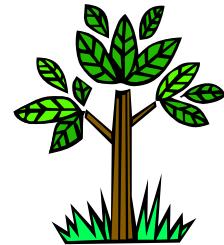
Pablo L. López, Sancho Salcedo, Irene de Bustamante y Jesús Alpuente.

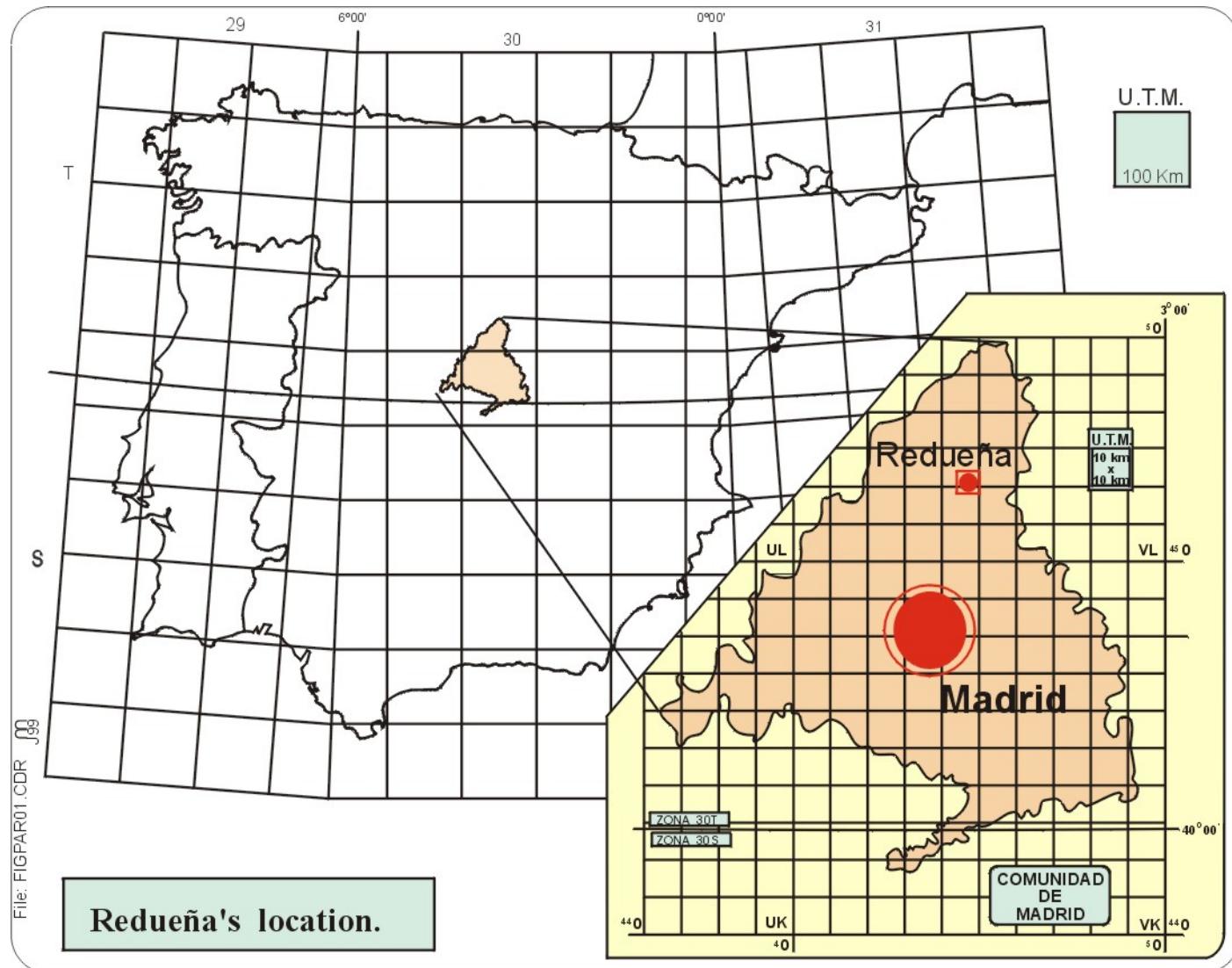
Dpto. Teoría de la Señal y Comunicaciones  
Universidad de Alcalá



# Presentación

- ✓ Métodos naturales de depuración: "Filtros Verdes"
- ✓ Detección de la contaminación por nitratos en agua
- ✓ Montaje de medida
- ✓ El sensor óptico
- ✓ Estimación de la concentración
- ✓ Resultados y conclusiones

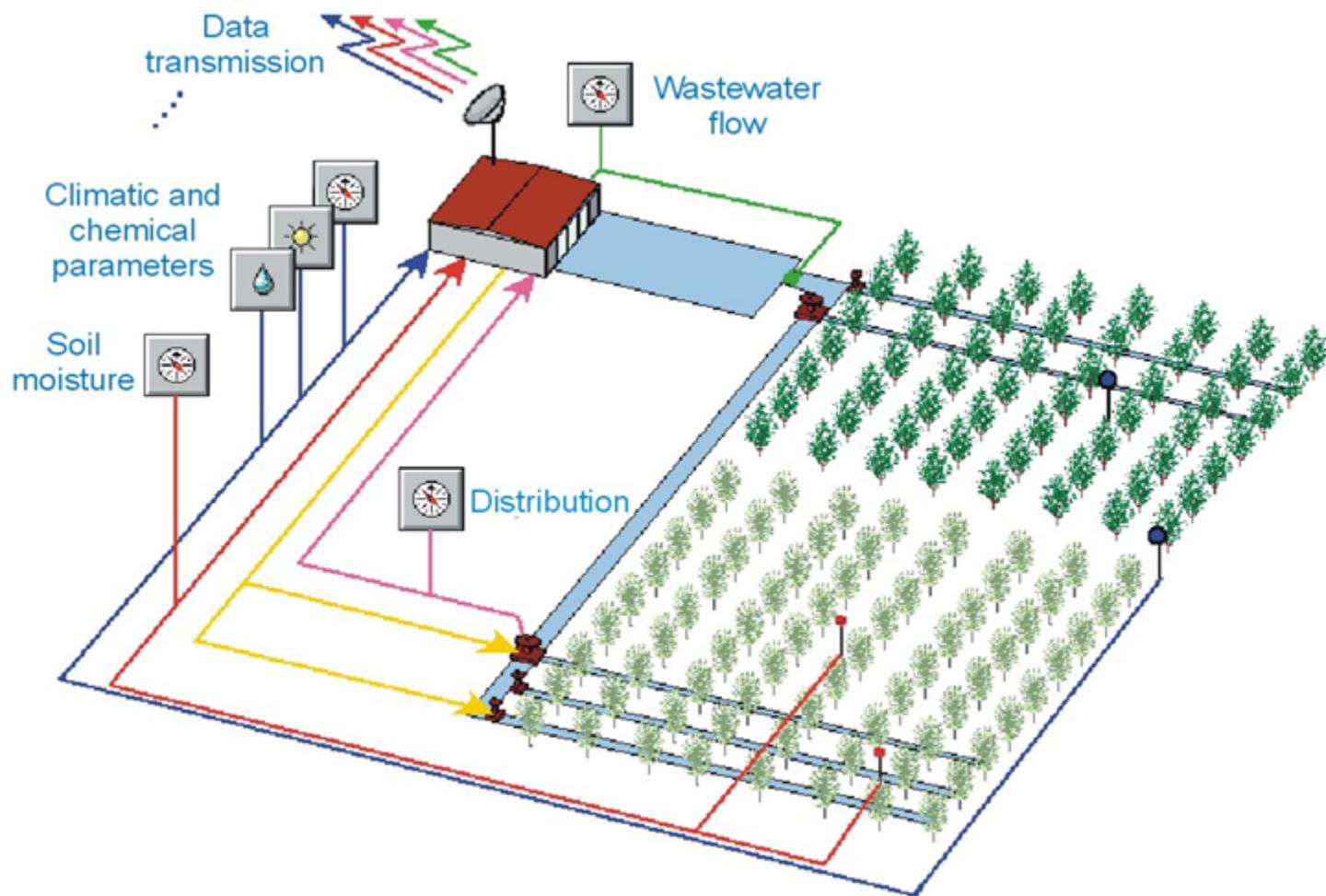






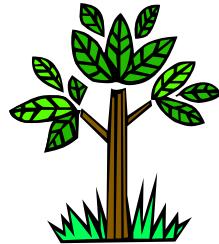
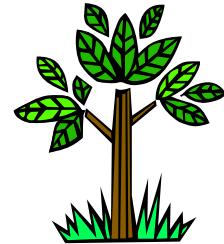
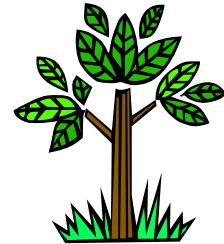
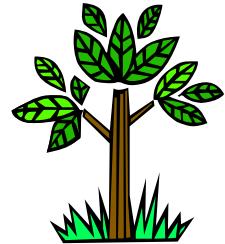
**Aspecto del Filtro Verde de Redueña**

# Esquema de montaje



# Normativa

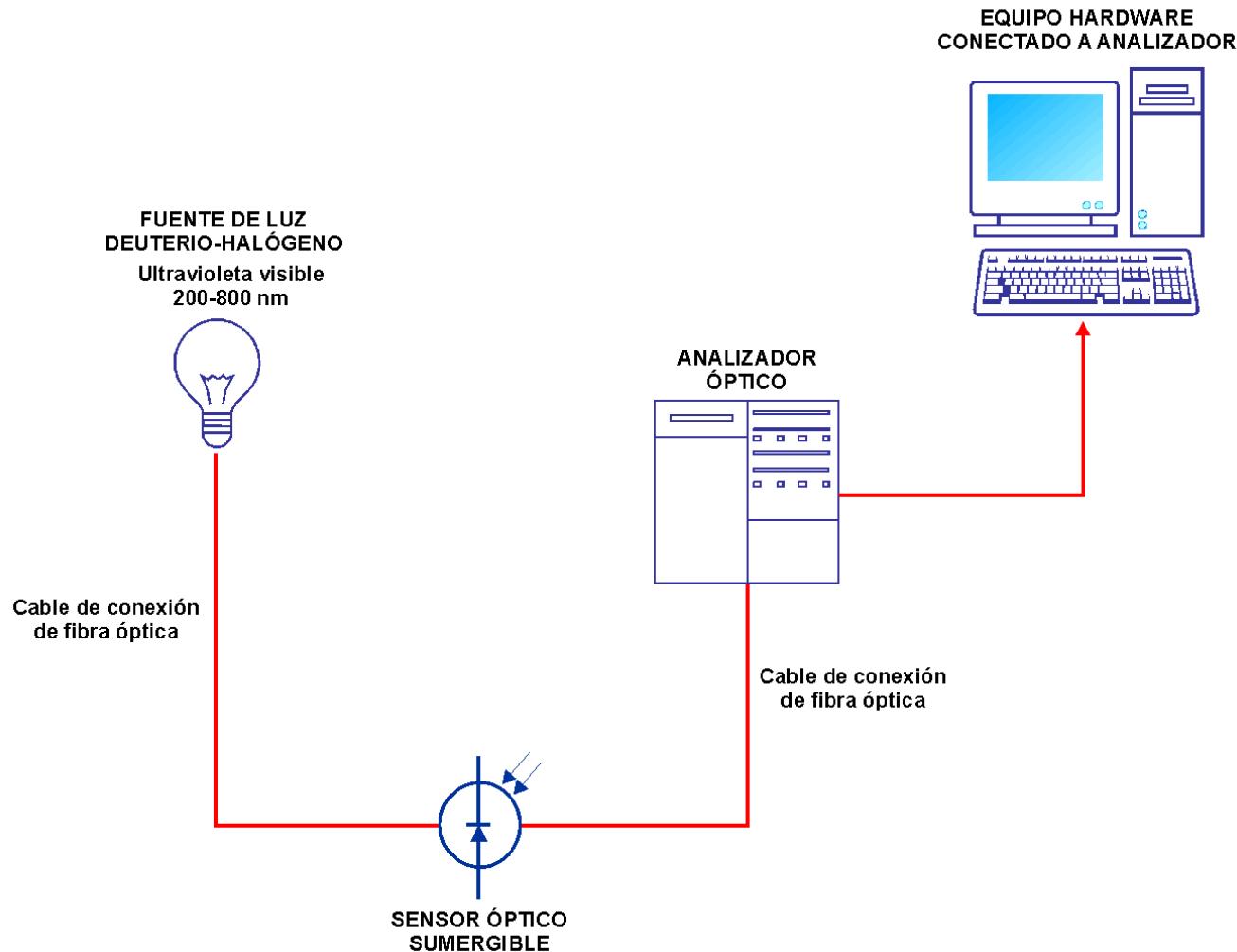
- ✓ La directiva 2000/60/CE establece los parámetros de calidad de las aguas subterráneas.
- ✓ La directiva 91/271/CEE y 91/676/CEE regulan el tratamiento de las aguas residuales y establecen límites de contaminación por nitratos.



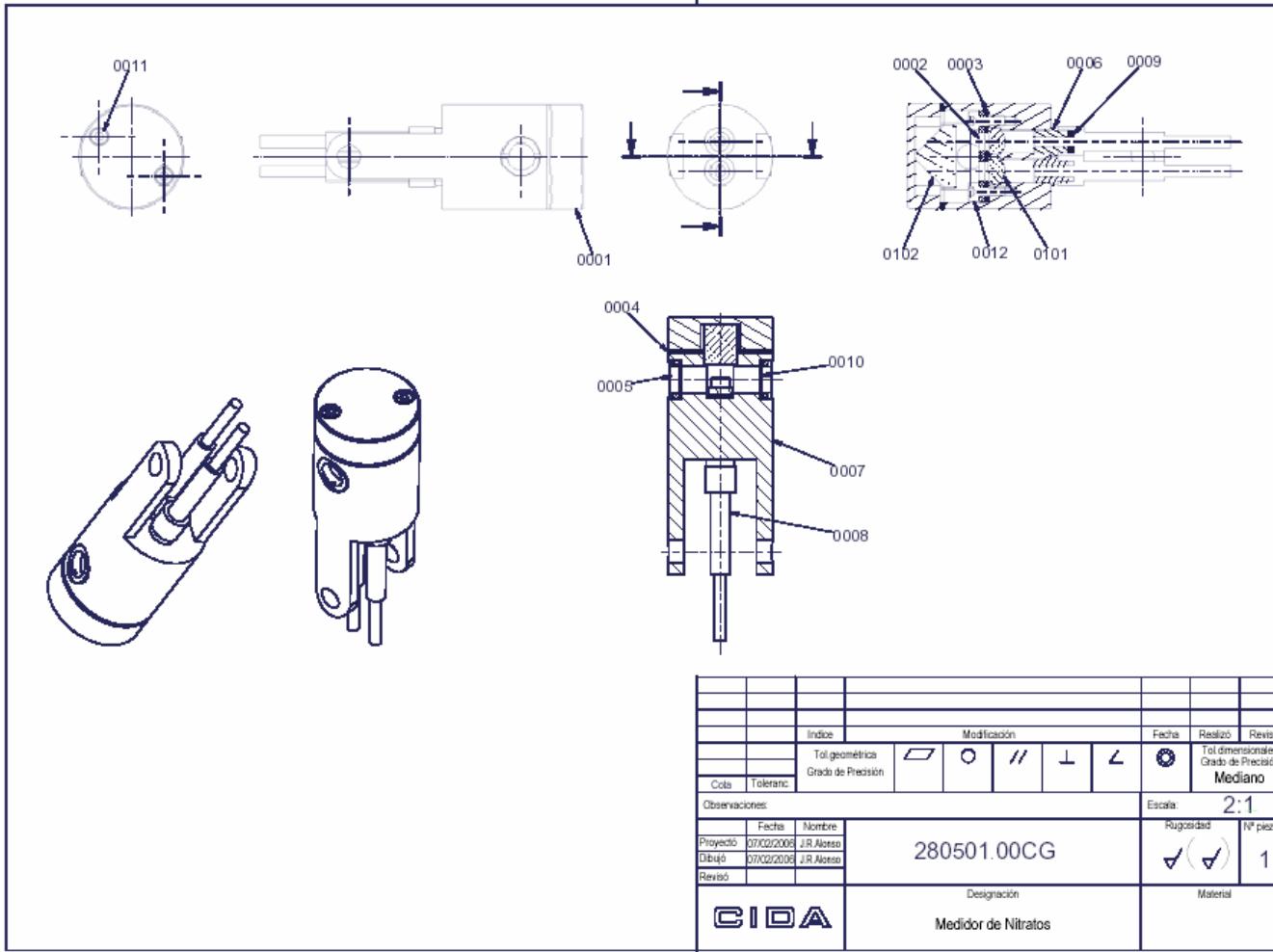
# Equipamiento empleado



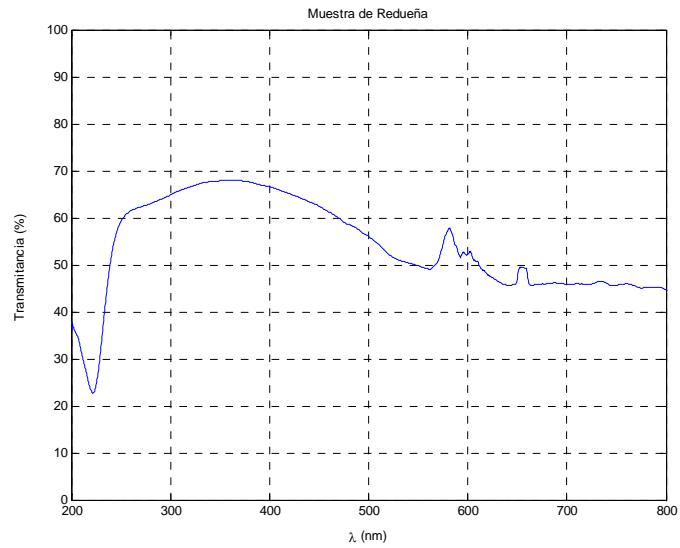
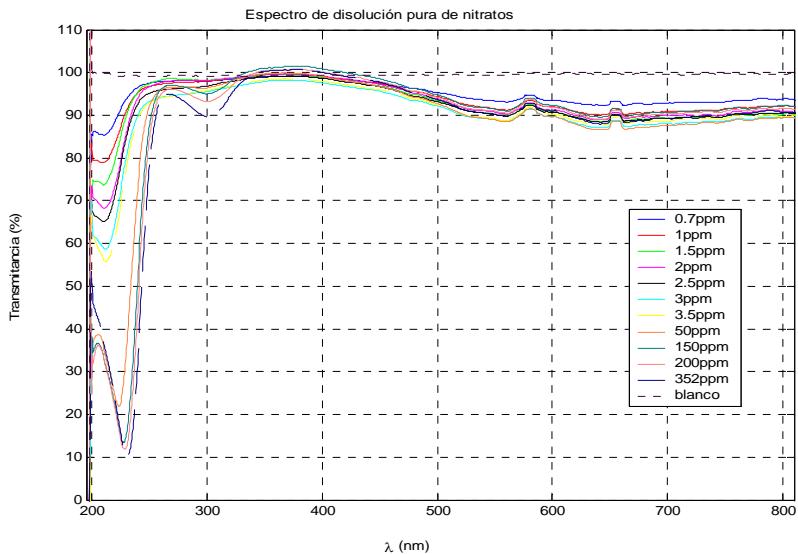
# Equipamiento empleado



# El sensor



# Respuesta espectral de los contaminantes



Patrones: disoluciones de nitratos en agua destilada realizadas en Laboratorio

Muestra proveniente del Filtro Verde de Redueña (Madrid)

# Estimación de la concentración

- ✓ Espectro de la muestra a estimar:  $m(\lambda)$
- ✓ Espectro de cada patrón:  $p_i(\lambda)$
- ✓ Adecuaremos cada uno de los patrones mediante dos coeficientes  $a$  y  $b$  reales  $[0, 1]$  para eliminar el efecto de las interferencias:

$$a_i + b_i p_i(\lambda)$$

- ✓ Para cada patrón obtendremos mediante programación evolutiva los valores de los coeficientes "a" y "b", generados mediante el algoritmo evolutivo, que hagan mínima "f"

$$f(a_i, b_i) = \sum_{\lambda=200}^{300} (m(\lambda) - (a_i + b_i p_i(\lambda)))^2$$

# Obtención de los coeficientes "a" y "b"

- ✓ Se generan inicialmente 50 valores de "a" y "b" de manera aleatoria (padres).
- ✓ A partir de ellos se generan 50 hijos siguiendo una distribución gausiana de media igual a la del parent y varianza dada por:

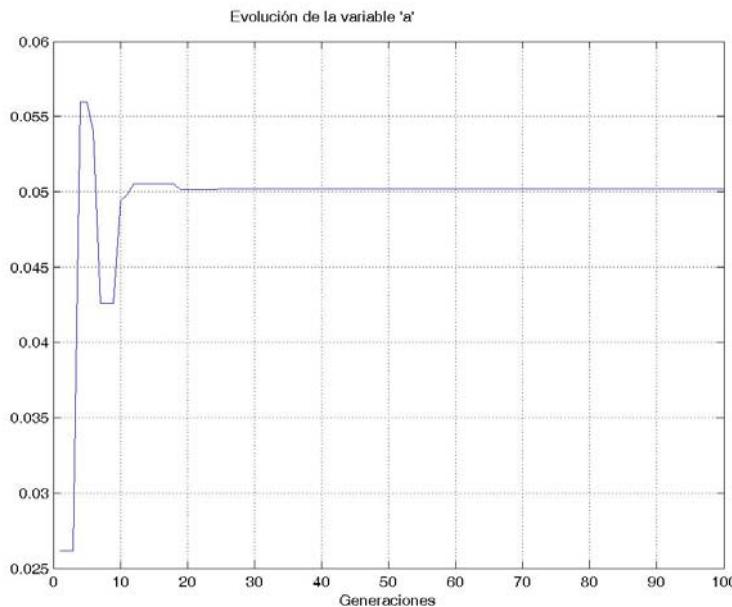
$$\eta_i'(j) = \eta_i(j) \exp(\tau' N(0,1) + \tau N_j(0,1))$$

$$\tau' = \left( \sqrt{2\sqrt{2}} \right)^{-1} \quad \tau = \left( \sqrt{4} \right)^{-1}$$

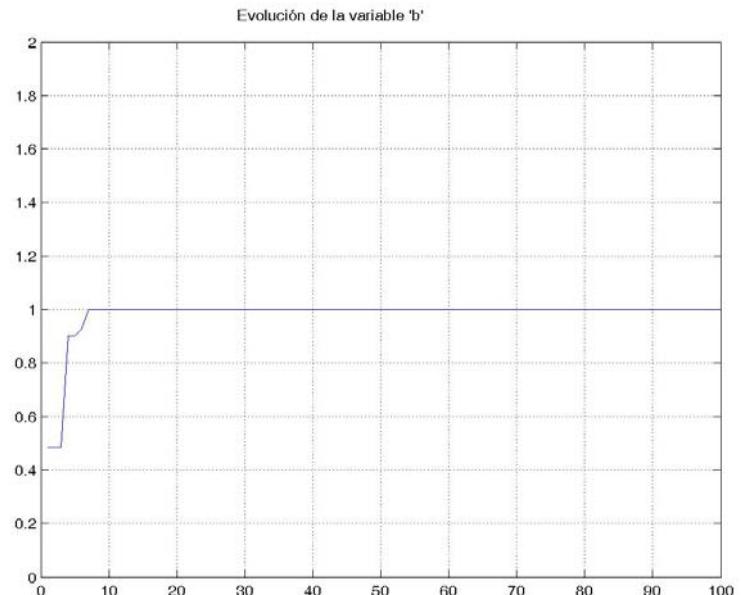
- ✓ Comparando la conducta de padres e hijos se eligen los cincuenta individuos que serán los padres de la siguiente generación.
- ✓ El proceso se repite hasta completar 100 generaciones

# Resultados

- ✓ Estimación de una muestra procedente del filtro verde de Redueña.
- ✓ Evolución de coeficientes "a" y "b"



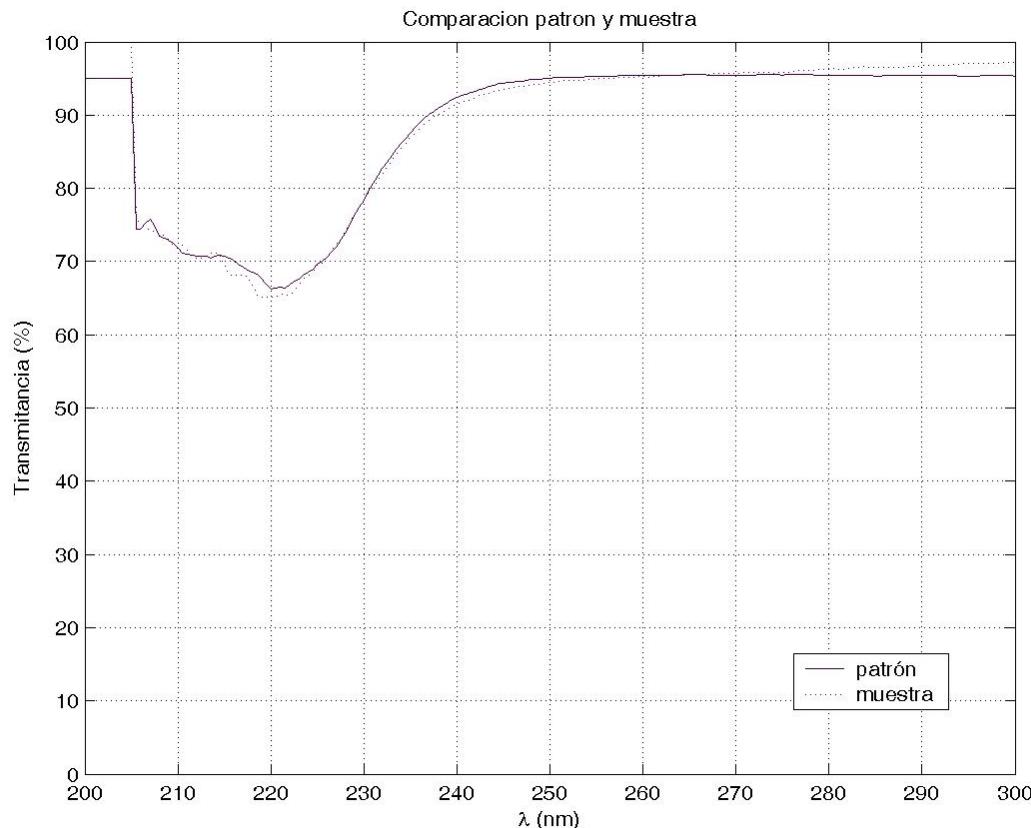
Variación del coeficiente "a"



Variación del coeficiente "b"

# Resultados

- ✓ Comparación del patrón y la muestra de agua



# Conclusiones

- ✓ El sistema de medida, junto con el software implementado permite estimar la concentración de nitratos presente en una muestra de agua residual depurada.
- ✓ Se ha comprobado la validez del método en un problema real de estimación.
- ✓ La precisión lograda depende de la calidad de los patrones empleados.
- ✓ Los resultados pueden ser enviados a un centro de datos vía GSM.