



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

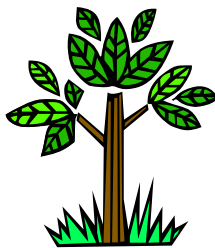
Pablo L. López, Sancho Salcedo, Irene de Bustamante y Jesús Alpuente.

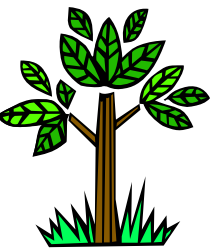
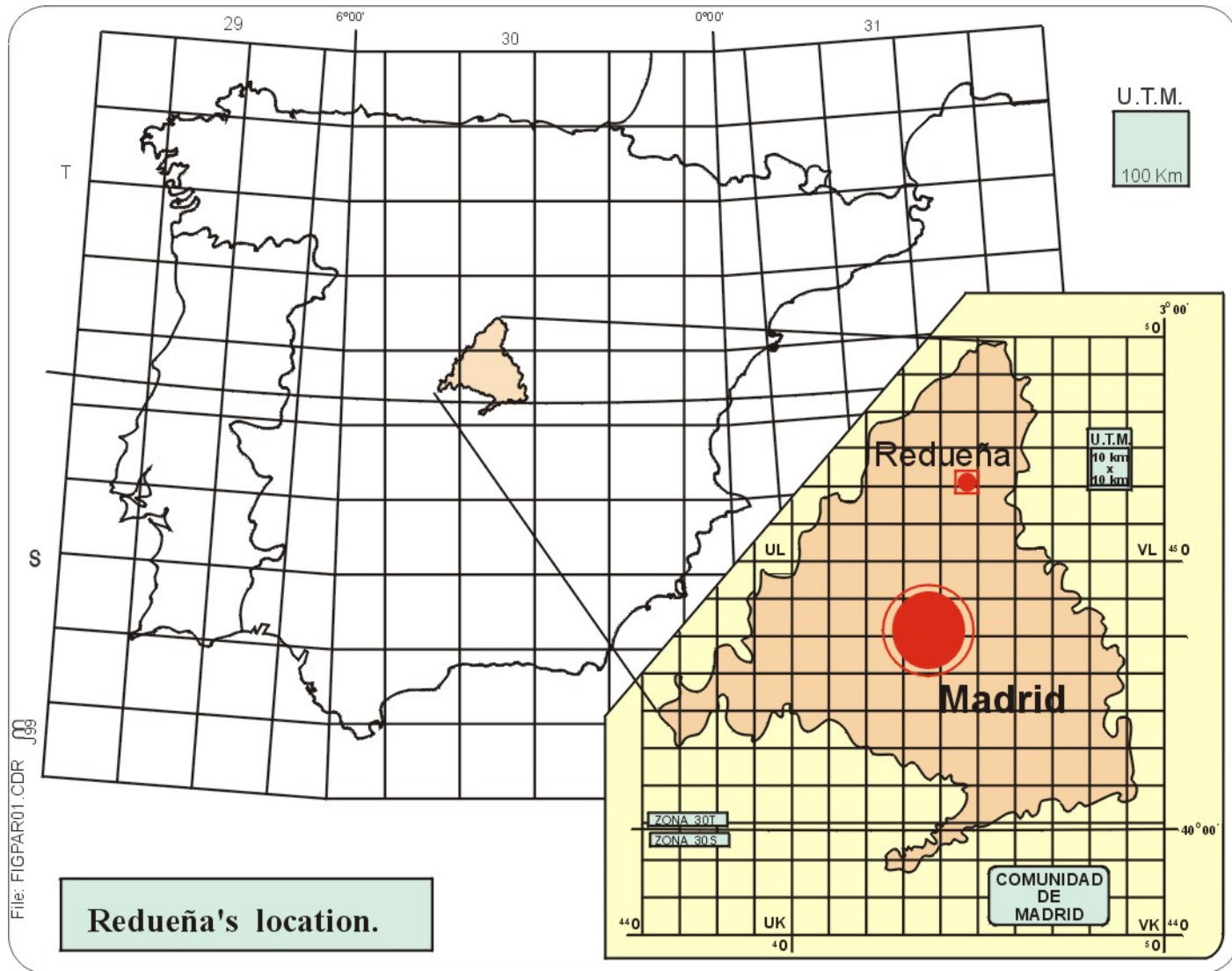
Dpto. Teoría de la Señal y Comunicaciones
Universidad de Alcalá



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

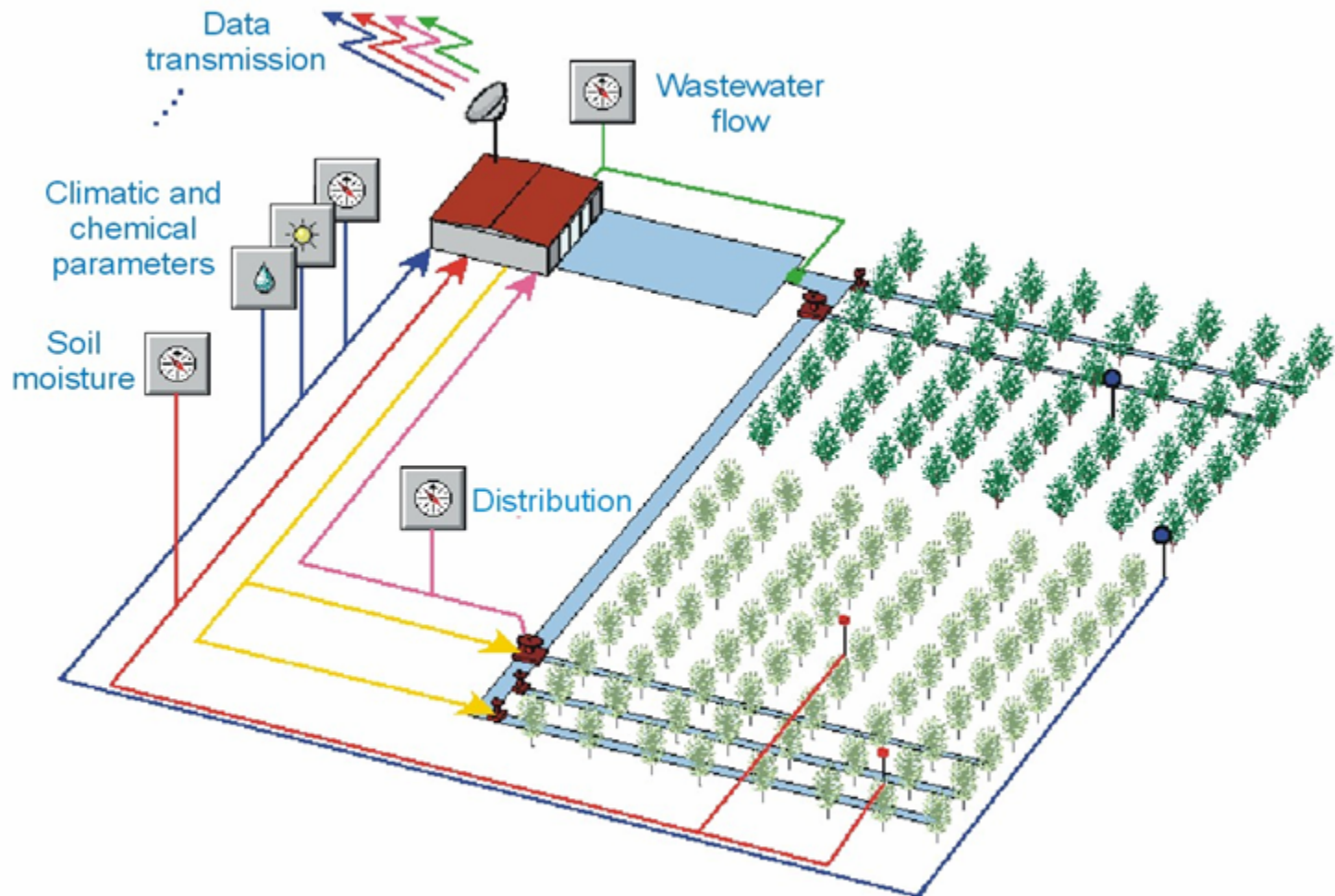






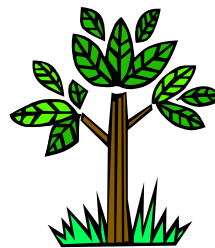
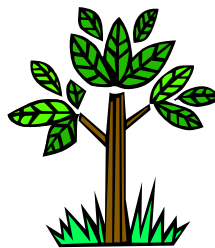
Aspecto del Filtro Verde de Redueña

Esquema de montaje



Normativa

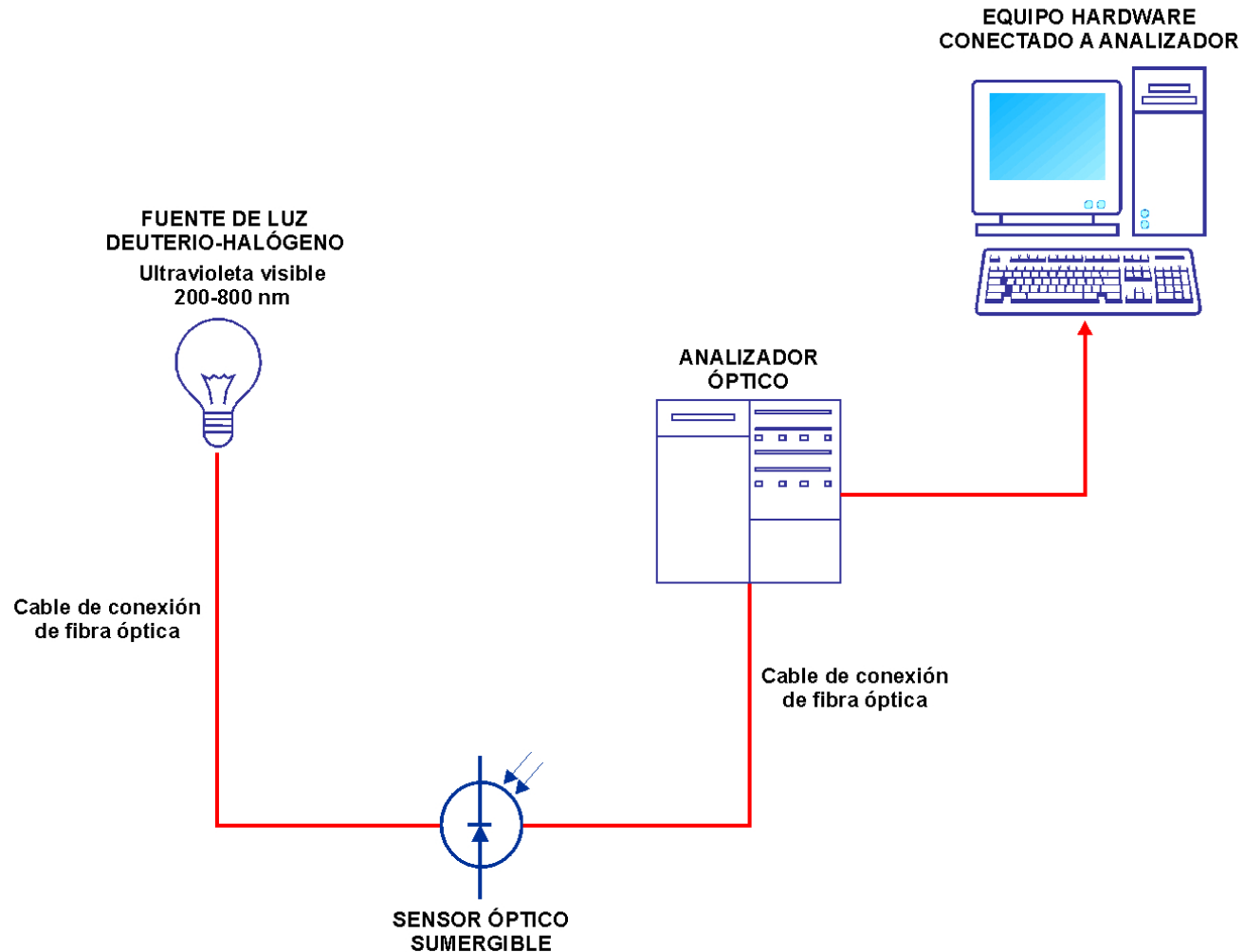
- ✓ La directiva 2000/60/CE establece los parámetros de calidad de las aguas subterráneas.
- ✓ La directiva 91/271/CEE y 91/676/CEE regulan el tratamiento de las aguas residuales y establecen límites de contaminación por nitratos.



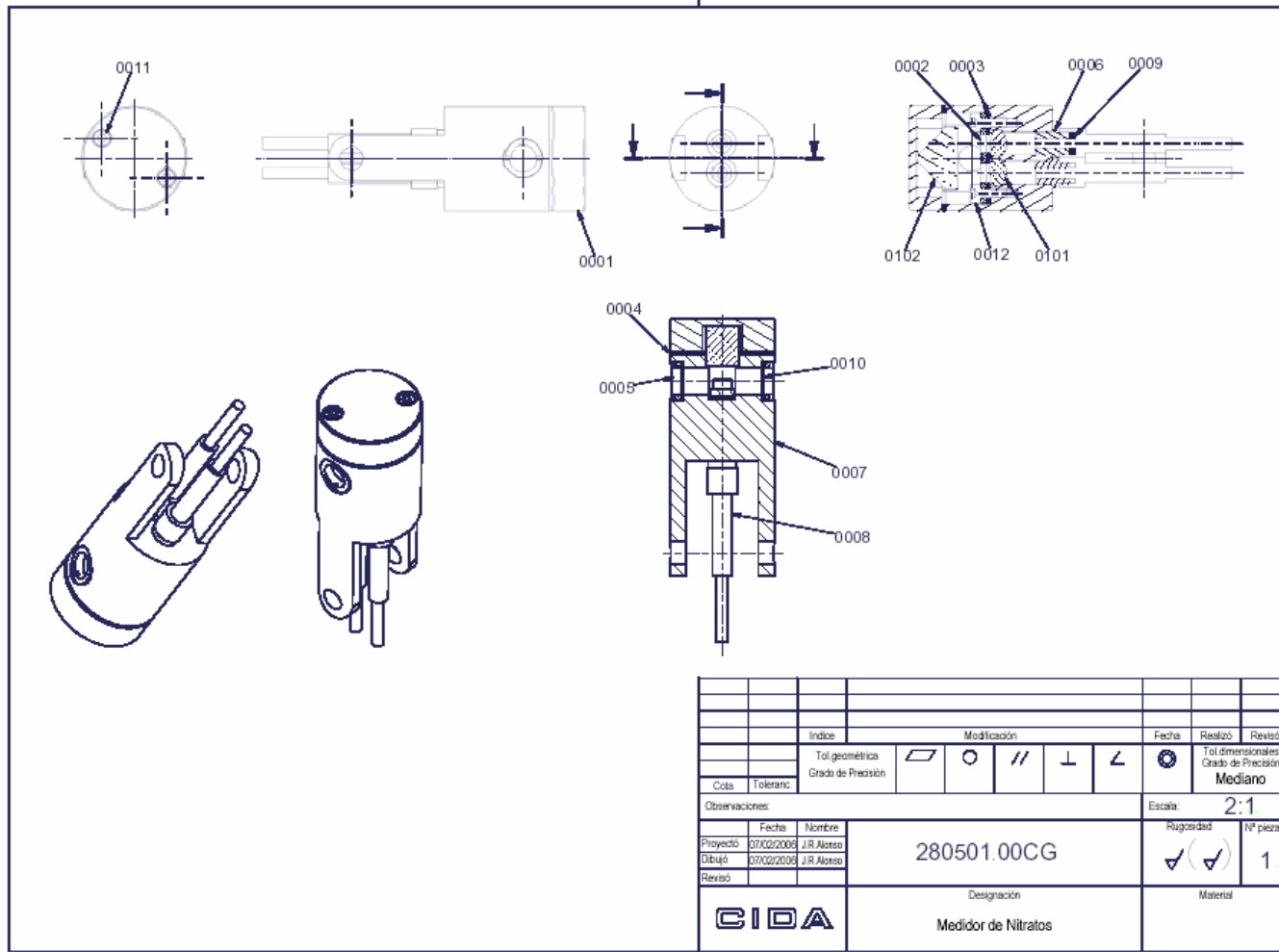
Equipamiento empleado



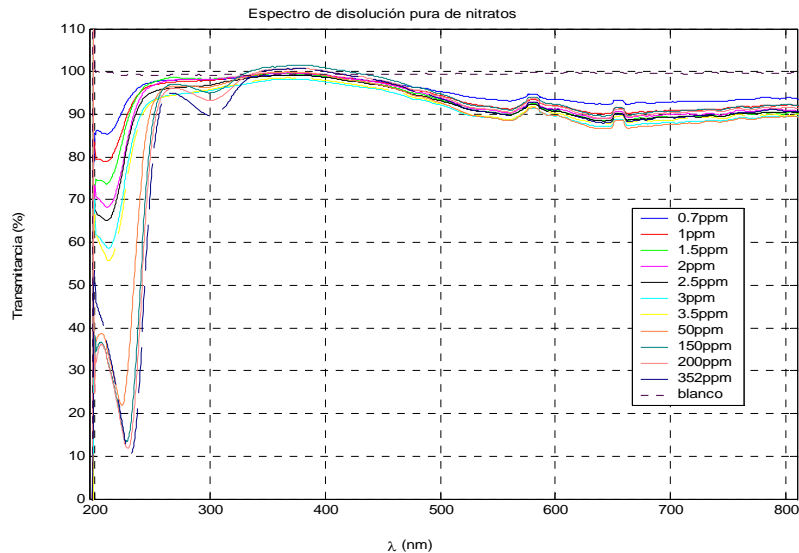
Equipamiento empleado



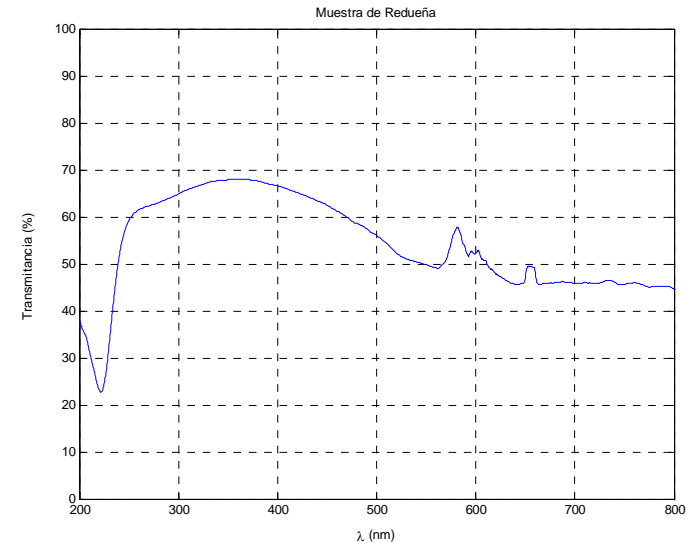
El sensor



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"

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

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 gaussiana de media igual a la del padre y varianza dada por:

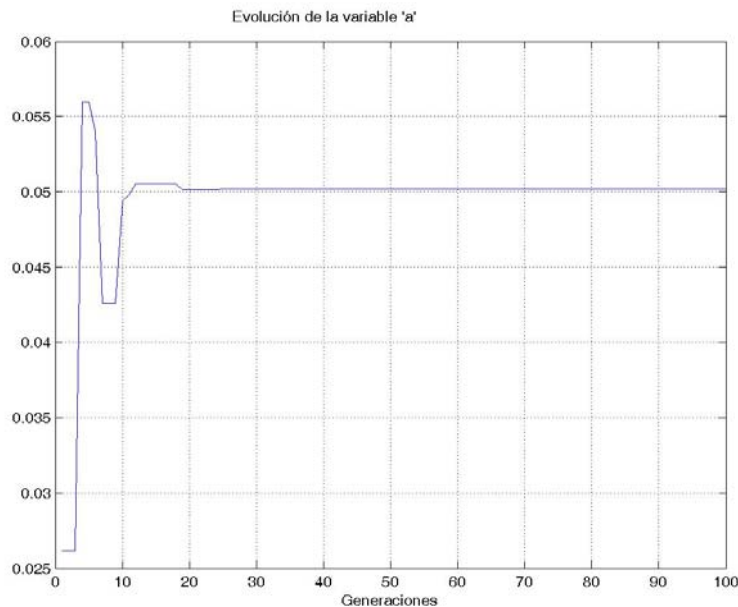
$$\eta_i'(j) = \eta_i(j) \exp(\tau' N(0,1) + \tau N_j(0,1))$$

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

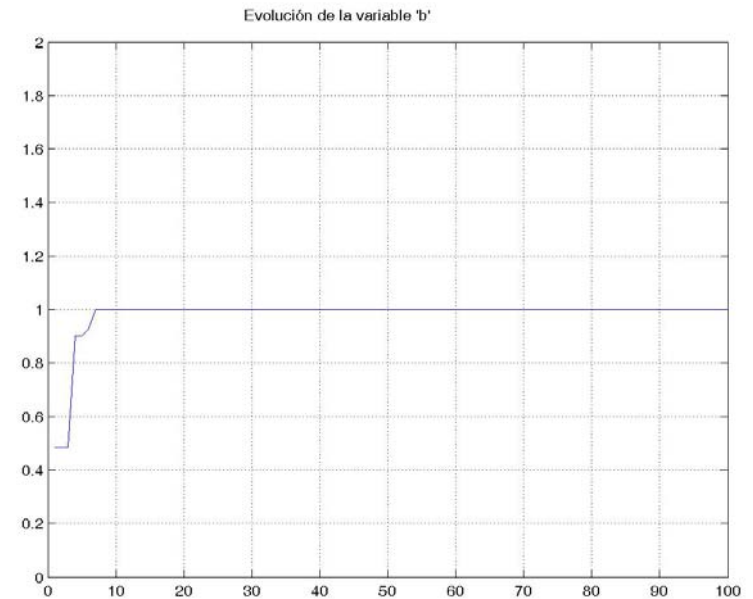
- ✓ Comparando la conducta de padres e hijos se eligen los cincuenta individuos que serán los padres de la siguiente generación.
- ✓ El proceso se repite hasta completar 100 generaciones

Resultados

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



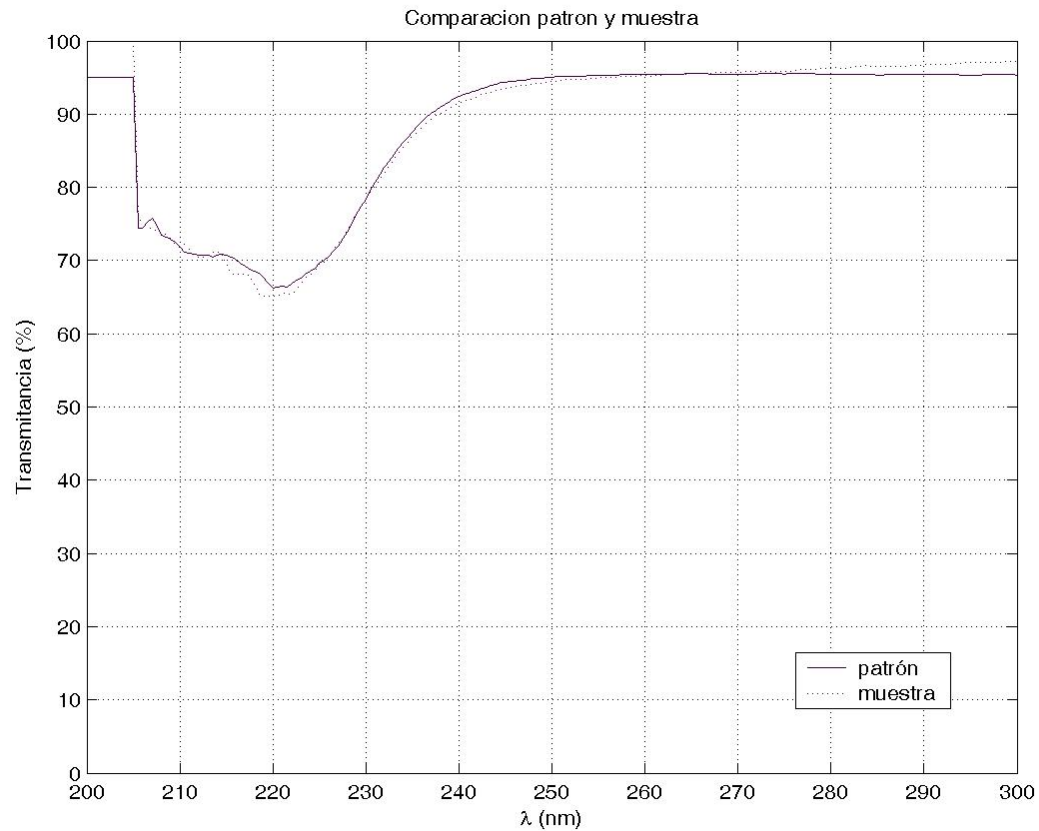
Variación del coeficiente "a"



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.