

Ensayo sobre el Agente Blanqueador Óptico LEUCOFOR BSB LIQ como trazador hidrológico

Miguel Ángel Rioseras Gómez
Francisco Ruiz García
Juan Acha Alarcía
G.E. Edelweiss

Los compuestos más comunes que han sido utilizados como trazadores hidrológicos han sido la Fluoresceína sódica, la Rodamina y el Dicromato potásico entre otros. En los últimos años se han ido incorporando nuevos colorantes industriales como trazadores que esencialmente por su bajo precio y alto poder de coloración están sustituyendo progresivamente a la fluoresceína. En este artículo nos centraremos en los blanqueadores ópticos industriales, concretamente en el Agente Blanqueador Óptico LEUCOFOR BSB LIQ (OBA-LEUCOFOR)

Introducción

Los abrillantadores ópticos, agentes abrillantadores ópticos, agentes fluorescentes abrillantadores o agentes fluorescentes blanqueadores son colorantes que absorben luz en la región ultravioleta y violeta (usualmente 340-370nm) del espectro electromagnético, y re-emiten luz en la región azul (típicamente 420-470nm). La fluorescencia es una respuesta rápida de emisión de corta duración, a diferencia de la fosforescencia, que es una emisión retardada. Estos aditivos son usados frecuentemente para mejorar la apariencia de color de textiles y papeles, causando un efecto percibido de "blanqueamiento", haciendo que los materiales parezcan menos amarillos al incrementar la cantidad total de luz azul reflejada.

La clase más común de químicos con esta propiedad son los estilbenos y los colorantes fluorescentes más antiguos y no comerciales como la umbeliferona, que absorbe energía en la porción UV del espectro y la reemiten en la porción azul del espectro visible. Una superficie blanca tratada con un abrillantador óptico puede emitir más luz visible que la que incide sobre él, haciéndola aparecer más brillante. La luz visible emitida por el abrillantador enmascara los tonos amarillos y marrones, haciendo que los materiales así tratados aparezcan más blancos.

Hay aproximadamente 400 tipos de abrillantadores de los cuales menos de 90 son producidos realmente a una escala comercial, y sólo unos pocos son comercialmente importantes. Genéricamente, el número C.I. FBA puede ser asignado a una molécula específica, sin embargo, algunos están duplicados, dado que algunos fabricantes aplican para el número index cuando lo producen. La producción global de abrillantadores ópticos para papel, textiles y detergentes está dominada por unos cuantos triazol-estilbenos di- y tetra-sulfonados, y un bifenilestilbeno disulfonado. Estos son sujetos de degradación cuando están sometidos a una larga exposición a los UV, debido a la formación de isómeros cis de estilbeno ópticamente inactivos. Todos los abrillantadores tienen conjugación o aromaticidad extendida, permitiendo el movimiento de electrones. Algunos abrillantadores no derivados del estilbeno son usados en aplica-

ciones más permanentes tales como fibras sintéticas blanqueadoras.

Los abrillantadores pueden ser "mejorados" por la adición de ciertos políoles como polietilenglicol o alcohol polivinílico de alto peso molecular. Estos aditivos incrementan significativamente las emisiones de luz azul visible. Los abrillantadores también pueden ser "quenched". Demasiado uso de los abrillantadores causa un efecto de enverdecimiento, debido a que las emisiones empiezan a verse sobre la región azul del espectro visible. Junto a la formación del isómero cis en los abrillantadores que contienen estilbeno (sólo el isómero trans es ópticamente activo), la exposición continua a luz que contiene UV originará la ruptura de la molécula y empezará el proceso de degradación.

Nota extraída y adaptada de wikipedia.org

Ensayo sobre el poder de coloración LEUCOFOR BSB LIQ

Ensayos de laboratorio

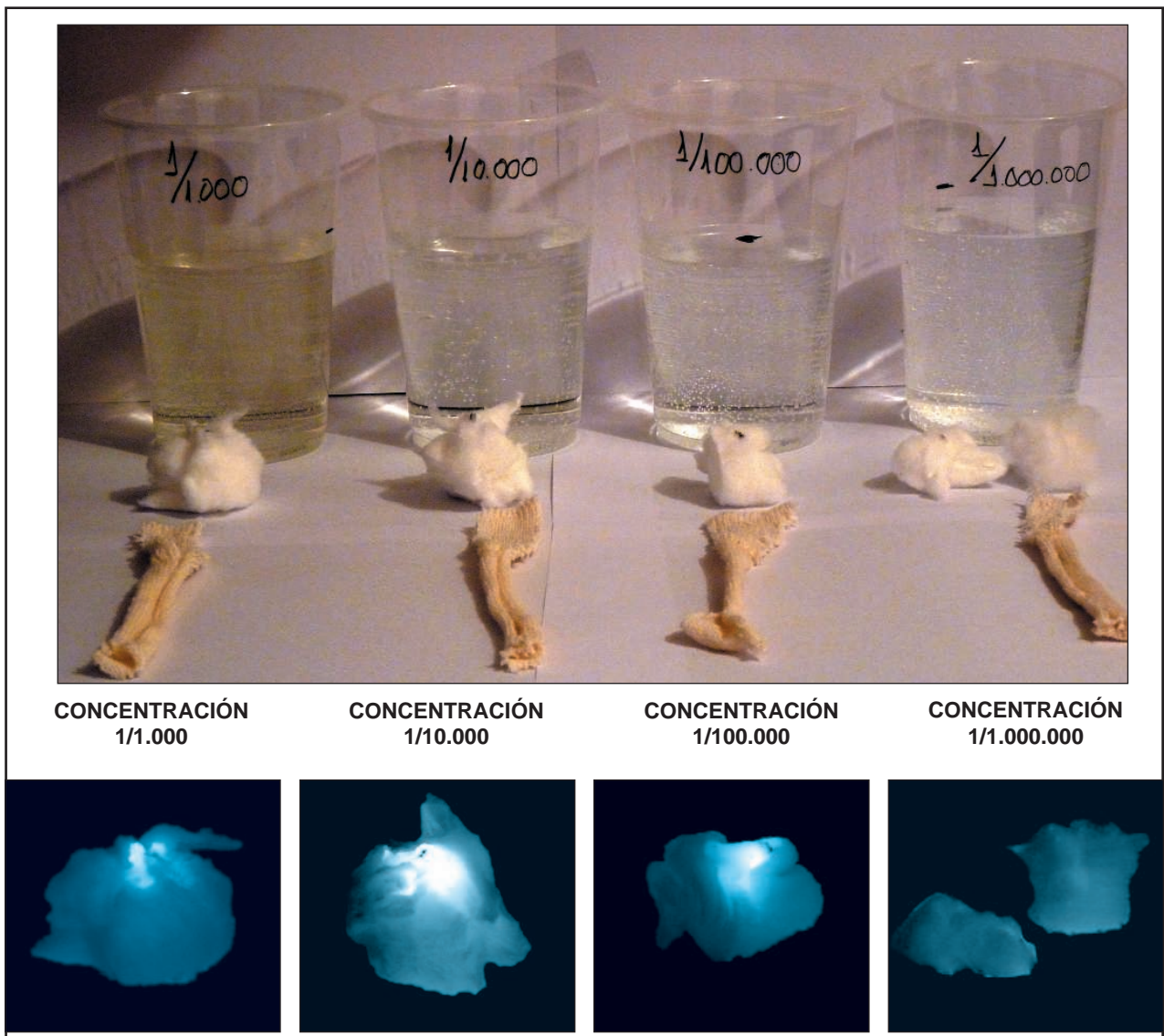
Referencia del producto: KS13928

Se toma como nivel de referencia para este estudio que el poder de coloración de la fluoresceína, para una detección a simple vista mediante radiación UV, se estima en una concentración mínima de 1ml sobre 1m³ de agua, es decir, una proporción de una parte por millón (1ppm).

Para ello se preparan distintas disoluciones para su análisis. Las proporciones se establecen en unidades de volumen: 1.000ppm, 100ppm, 10ppm y 1ppm. Posteriormente se realizan disoluciones de 2.5 y 5ppm para ajustar las concentraciones óptimas.

Como material de los captadores se han hecho pruebas sobre algodón de farmacia y

Ensayo de laboratorio con distintas concentraciones y materiales del captador
Foto Miguel A. Rioseras

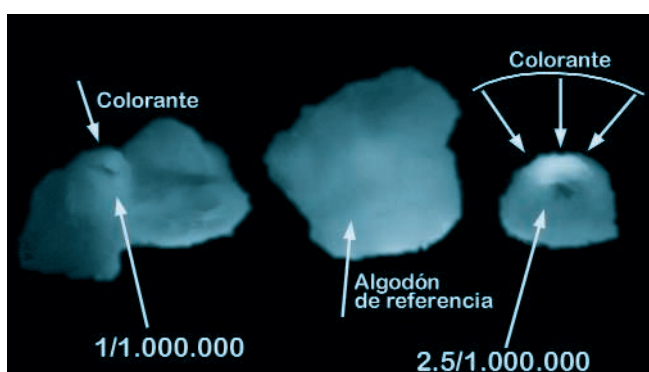


	Algodón de farmacia			
	Niveles de detección visual con lámpara UV.			
	Concentración 1/1.000	Concentración 1/10.000	Concentración 1/100.000	Concentración 1/1.000.000
Con iluminación artificial 100W	Muy buena	Muy buena	Buena	Casi imperceptible
Sobre oscuridad completa	Muy buena	Muy buena	Buena	Muy leve

	Lana virgen			
	Niveles de detección visual con lámpara UV.			
	Concentración 1/1.000	Concentración 1/10.000	Concentración 1/100.000	Concentración 1/1.000.000
Con iluminación artificial 100W	Regular	Casi imperceptible	Nula	Nula
Sobre oscuridad completa	Regular	Muy leve	Nula	Nula

	Algodón de farmacia		
	Niveles de detección visual con lámpara UV.		
	Concentración 5/1.000.000	Concentración 2,5/1.000.000	Concentración 1/1.000.000
Con iluminación artificial 100W	Regular-Buena	Regular	Casi imperceptible
Sobre oscuridad completa	Buena	Regular	Muy leve

El poder de coloración del OBA LEUCOFOR BSB LIQ es aprox. 2,5 veces inferior a la fluoresceína



lana virgen, además de otros materiales que han sido desechados rápidamente.

A partir de estas experiencias se determina que la concentración mínima para una detección visual con lámpara UV para este producto es 2,5 ppm

Si el punto de referencia para la fluoresceína es 1 ppm, entonces estamos en condiciones de afirmar que este producto presenta un poder de coloración 2,5 veces inferior a la fluoresceína. Por tanto la primera idea intuitiva es que se deben modificar las formulas de la fluoresceína aplicando un coeficiente multiplicador por 2.5

Ensayos de Campo de LEUCOFOR BSB LIQ, utilizando las formulas modificadas de la fluoresceína

Referencia del producto: KS13928

Los ensayos de campo se han realizado en la Cueva del Agua de Basconcillos del Tozo y Garganchón. Cueva del Agua de Basconcillos del Tozo se escogió por su relativa cercanía a Burgos, unos 60Km, por ser un ensayo real y porque en su momento nos pareció un sistema hidrológico sencillo para hacer este tipo de pruebas. Pronto descubrimos que no podíamos estar más equivocados: el funcionamiento hidrológico de la cavidad es bastante complejo, mostrando distintos comportamientos en función del régimen de carga/recarga del acuífero, según este sea alto, medio o bajo.

Con el fin de disipar algunas dudas acerca de estas variables no controladas decidimos realizar nuevos ensayos en Garganchón,

Según **RAVIER, HOURS y SCHEEBELI**

$$P = K \frac{Q.L}{A} + 0.02.V$$

Donde:

P = cantidad de trazador en Kg.

Q = caudal de los manantiales de descarga en m³/s

A = velocidad real del agua subterránea, en m/día

L = distancia desde el punto de inyección al punto de muestreo, en m.

V = volumen de reservas de agua subterránea en 10³ m³

K = 0.5 para circulación por fisuras

K=1,1 por canales

K = 3 en formaciones porosas.

Según **MARTEL** utiliza una fórmula práctica y exenta de grandes complicaciones:

$$P = N.Q$$

Donde:

P = peso en Kg. de fluoresceína.

Q = caudal en m³/s de las surgencias.

N = número de kilómetros en línea recta que hay desde el punto de inyección del trazador hasta el manantial más lejano.

Según **DREW y SMITH**

$$P \text{ (Kg)} = 0.060 \times D \text{ (Km)} \times 5Q \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Donde:

D = recta que hay desde el punto de inyección del trazador hasta el manantial más lejano.

Q = caudal en m³/s de las surgencias.

Según **ALE y AND FLETCHER (1976)**

$$P = 1.478 \cdot \sqrt{\frac{D \cdot Q}{V}}$$

Donde:

P – Peso en Kg de la fluoresceína

D = Distancia recta que hay desde el punto de inyección hasta el manantial más lejano.

Q = Descarga en m³ del manantial

V = Velocidad estimada en m/hora

sobre un curso de agua canalizado del cual conocíamos todas las variables. Garganchón por tanto nos iba a proporcionar el apoyo teórico y la Cueva del Agua la aplicación práctica.

estudiar este aspecto.

ENSAYO Nº4.- GARGANCHON

Caudal l/s = 135

Distancia en Km = 0.3

Velocidad en m/minuto = 22.5

Cuadro de formulas utilizadas habitualmente con la fluorescina

Ensayo Nº1 en la Cueva del Agua de Basconillos
Foto Francisco Ruiz

ENSAYO Nº1.- BASCONCILLOS

Caudal l/s = 60

Distancia en Km = 1.263

Velocidad en m/minuto = 6

Captador: Algodón de farmacia

Empleado: 375 gramos (0.3 litros)

RESULTADOS: POSITIVO

ENSAYO Nº2.- BASCONCILLOS

Caudal l/s = 60

Distancia en Km = 1.263

Velocidad en m/minuto = 6

Captador: Algodón de farmacia

Empleado: 125 gramos (0.1 litros)

RESULTADOS: NEGATIVO

Observaciones: No salía agua por la surgencia junto al cauce del río

ENSAYO Nº3.- GARGANCHON

Caudal l/s = 135

Distancia en Km = 0.3

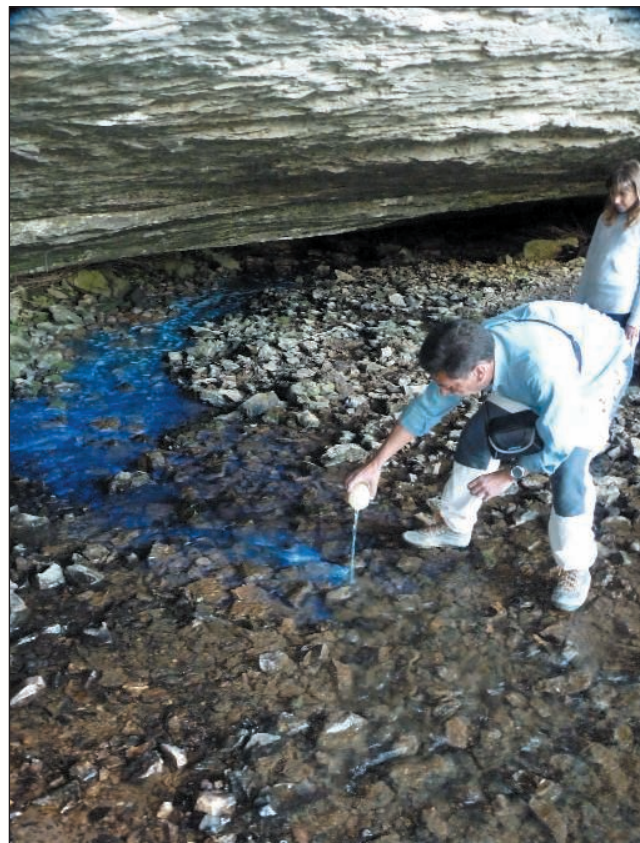
Velocidad en m/minuto = 22.5

Captador: Algodón de farmacia

Empleado: 125 gramos (0.1 litros)

RESULTADOS: POSITIVO

Observaciones: Problemas con la forma geométrica del captador de algodón. Hay que



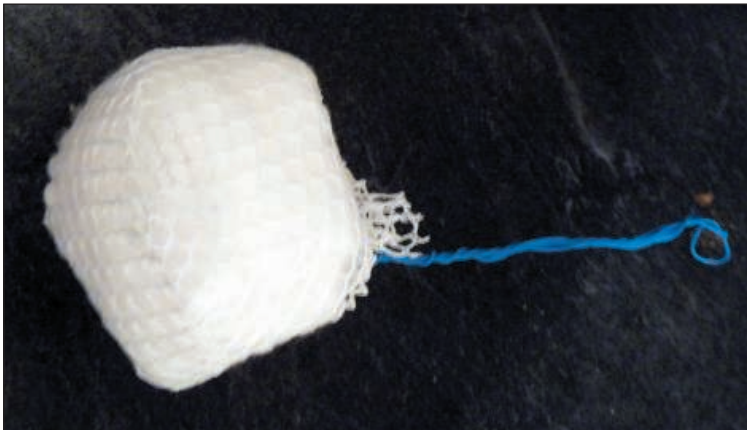


Ensayo N°8 en la Cueva del Aguanal
Foto Miguel A. Rioseras

Captador: Lana virgen
Empleado: 125 gramos (0.1 litros)
RESULTADOS: POSITIVO
Observaciones: Problemas con la forma geométrica del captador de lana virgen. Hay que estudiar este aspecto

ENSAYO N°5.- BASCONCILLOS

Caudal l/s = 1000
Distancia en Km = 1.263
Velocidad en m/minuto = 66
Captador: Lana virgen
Empleado: 375 gramos (0.3 litros)
RESULTADOS: POSITIVO muy dudoso
Observaciones: Nos ha sorprendido el aumento brusco de caudal y no hemos empleado la cantidad necesaria de colorante para esta experiencia.



Detalle constructivo del captador de algodón de farmacia, envuelto en una redcilla de plástico. Este ha sido el captador que mejores resultados nos ha proporcionado a pesar de su débil aspecto y fragilidad.
Foto Miguel A. Rioseras

ENSAYO N°6.- BASCONCILLOS

Caudal l/s = 900
Distancia en Km = 1.263
Velocidad en m/minuto = 60
Captador: Algodón de farmacia y lana virgen
Empleado: 1.375 gramos (1.1 litros)
RESULTADOS: POSITIVO muy claro en algodón de farmacia

ENSAYO N°7.- TREMA -Km8

Caudal l/s = 3.000
Distancia en Km = 5.5
Captador: Algodón de farmacia
Empleado: 18.750 Kg (15 litros)
RESULTADOS: POSITIVO muy claro

ENSAYO N°8.- AGUANAL - CUEVA DEL AGUA

Caudal l/s = 170
Distancia en Km = 9
Captador: Algodón de farmacia
Empleado: 12.5 Kg (10 litros)
RESULTADOS: NEGATIVO
Observaciones: No esta clara la relación hidrológica en un régimen hidrológico bajo



Detalle constructivo del captador de algodón de farmacia, envuelto en una redcilla de plástico y protegido a su vez dentro de una botella de plástico perforada. Este captador es mucho más robusto que el anterior.
Foto Miguel A. Rioseras

Conclusiones generales

Desde el primer momento, centramos nuestro interés en obtener el valor mínimo de disolución para que fuera detectable a simple vista mediante observación con lámpara UV. En este sentido empleamos la formula de DREW y SMITH por ser la que mejor se aproximaba a nuestros resultados prácticos.

Según nuestras experiencias el valor mínimo para asegurar una concentración detectable a simple vista es, como expresión descriptiva:

P (Kg) > 750g por Km y por m³

Puesto que el producto LEUCOFOR BSB LIQ es un líquido con una densidad de 1.25 (1.25 ± 0.05 g/cm³), aplicamos este valor para la conversión de unidades de peso a unidades de volumen, con lo que se obtiene como expresión descriptiva:

V (L) > 600ml por Km y por m³

No obstante, a medida que avanzábamos con la experiencia nos íbamos dando cuenta que lo realmente importante es garantizar el resultado de una coloración, más aun si se tiene en cuenta el bajo coste de este producto que apenas llega a los 3 Euros por litro, unas 250 veces inferior a la fluoresceína. En este sentido no merece la pena bajar excesivamente la concentración para luego encontrarse con positivos que puedan ser dudosos. Es siempre preferible trabajar con concentraciones más altas que generen positivos claros y fuera de toda duda.

Bajo este nuevo criterio, lo más recomendable es utilizar la formula de MARTEL empleando captadores de algodón de farmacia.

Formula a utilizar:

$$\text{MARTEL: } P(\text{Kg}) = D(\text{Km}) \times Q(\text{m}^3/\text{s})$$

Donde:

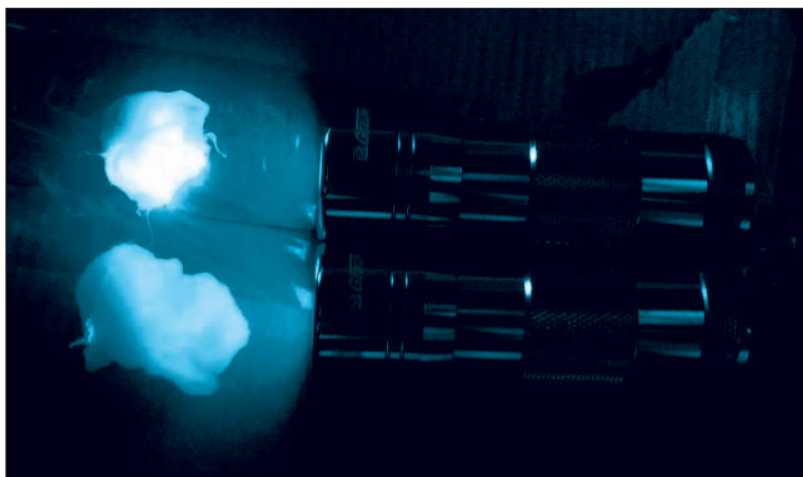
P = Peso en Kg. de producto.

Q = caudal en m³/s de las surgencias/sumideros. (Utilizar el mayor de todo ellos)

D = número de kilómetros en línea recta que hay desde el punto de inyección del trazador hasta el manantial más lejano.

Observaciones acerca del captador

- En cuanto al material, mejor emplear algodón de farmacia no blanqueado que lana virgen no blanqueada. Al iluminar el captador con una lámpara UV, en el algodón se produce un efecto luminiscente mientras que en la lana se observa un efecto blanqueador.
- En cuanto a la forma, mejor esfera, ovoide o cilindro no hueco y compactado.
- El mejor lugar para colocar el captador es en aguas remansadas pero con flujo de agua.
- Para la detección, mejor utilizar dos linternas UV, enfocando una al captador y otra a un algodón testigo de referencia para evaluar las diferencias visuales en la luminiscencia. Mejor realizar esto a oscuridad completa.
- Protocolo de actuación en el momento de la colocación de los captadores y antes del ver-



tido del colorante: En los casos en que aguas arriba haya núcleos de población, hay que colocar un captador testigo para verificar la presencia de detergentes con algún porcentaje de blanqueadores ópticos, ya que de ser así, esto invalidaría la prueba del colorante.

Agradecimientos

Los autores firmantes de este artículo agradecen el apoyo y la colaboración prestada a José A. Cuchí (Profesor Titular de Escuela Universitaria de Ingeniería de Zaragoza), a Virgil ¿?? (Equipo de Investigación del CENIEH) y a Josep Guarro (SIE de Barcelona), así como al Grupo Espeleológico Edelweiss por su apoyo incondicional a este estudio.

Bibliografía

- Los trazadores en la hidrogeología kárstica: Metodología de su uso e interpretación de los ensayos de trazado, ANTIGUEDAD, I., IBARRA, V., MORALES, T. Munibe 41. 1989-90, pp 31-45
- APPLICATION OF DYE-TRACING TECHNIQUES FOR DETERMINING SOLUTE-TRANSPORT CHARACTERISTICS OF GROUND WATER IN KARST TERRANES. Digital Version Courtesy of the authors & The Karst Waters Institute. www.karstwaters.org. D.S. Mull, T.D. Liebermann, J.L. Smoot, and L.H. Woosley, Jr., of the U.S. Geological Survey Water Resources Division Louisville, Kentucky
- El uso de abrillantadores ópticos en espeleología. Sota Terra 7, 1993. José A. Cuchí

Procedimiento de comparación visual utilizando dos linternas UV, enfocando una al captador y otra a un algodón testigo de referencia para evaluar las diferencias visuales en la luminiscencia.

Foto Miguel A. Riostras