



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

MINISTERIO
DE AGRICULTURA ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

INSTALACIONES TÉCNICAS SINGULARES

FERROCARRILES
CARRETERAS
PUERTOS Y COSTAS
MANIOBRA DE BUQUES
AGUAS CONTINENTALES
MEDIO AMBIENTE
MATERIALES Y ESTRUCTURAS
GEOTECNIA

CEDEX

CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS

En esta publicación se ha utilizado papel reciclado libre de cloro de acuerdo con los criterios medioambientales de la administración Pública

Catálogo de publicaciones oficiales: <http://publicacionesoficiales.boe.es>
Tienda virtual de publicaciones del Ministerio de Fomento: <http://www.fomento.gob.es/mfom.cp.Web/>
Tienda de Publicaciones del CEDEX: <http://www.cedex.es/castellano/documentación/puntos.html>

EDITA

Centro de Publicaciones
Secretaría General Técnica
Ministerio de Fomento
@ CEDEX: Servicio de Publicaciones



Todos los derechos reservados.

Esta publicación no puede ser reproducida ni en todo ni en parte, ni registrada, ni transmitida por un sistema de recuperación de información en ninguna forma ni en ningún medio, salvo en aquellos casos específicamente permitidos por la Ley.

CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS



FERROCARRILES

Laboratorio de Eurobaliza
Laboratorio de Eurocabinas
Laboratorio de simulación de tráfico
Célula de grandes dimensiones para ensayos de secciones ferroviarias
Auscultación de secciones ferroviarias



CARRETERAS

Pista de ensayo acelerado de firmes a escala real
Laboratorio de materiales de carreteras
Laboratorio de auscultación de carreteras
Laboratorio de fotometría para señalización vial



PUERTOS Y COSTAS

Tanques de oleaje de 35 y 45 x 6.50 m
Laboratorio de calibración de boyas
Canal de oleaje y viento de gran escala
Tanque de oleaje multidireccional
Canal de oleaje de 51 m
Canal de oleaje de 36 x 3 m
Generadores modulares móviles
Canal de oleaje y corrientes de 20 x 1.20



MANIOBRA DE BUQUES

Simulación de maniobra de buques



AGUAS CONTINENTALES

Laboratorio de hidráulica
Laboratorio de aplicaciones isotópicas



MEDIO AMBIENTE

Laboratorio de aguas marinas
Tanque de oleaje y corrientes
Tanque de flujos de densidad
Materiales y Medio Ambiente



MATERIALES Y ESTRUCTURAS

Equipamiento dinámico para simulación dinámica y sísmica
Máquina universal dinámica de 10.000 kN
Plataforma autoportante para inspección de puentes



GEOTECNIA

Ensayos geotécnicos para materiales de gran tamaño
Ensayos dinámicos de carácter geotécnico
Equipos de geofísica para la caracterización in situ de suelos y rocas

LABORATORIO de APLICACIONES ISOTÓPICAS







Los métodos de análisis de aguas del Laboratorio de Aplicaciones Isotópicas del CEDEX incluyen desde técnicas estándar consolidadas hace décadas a técnicas novedosas para la medida de Oxígeno-18 y Deuterio en agua por espectrometría láser

INSTALACIONES

El área de Aplicaciones Isotópicas del CEDEX es responsable de operar un complejo de instalaciones y equipos para la medida de: 1) los principales indicadores de la calidad radiológica de las aguas de consumo humano, continentales y marinas, y 2) las abundancias relativas de isótopos estables y la actividad de isótopos radiactivos para el trazado y la datación de las aguas superficiales y subterráneas, que incluye:

- Un laboratorio de Química especializado en la preparación de muestras de agua, concentrando su actividad y dándoles la forma física y geometría necesarias para su medida en los correspondientes sistemas de detección física.

- Un conjunto de detectores con cadenas electrónicas de gran estabilidad y técnicas de cálculo puestos a punto para la aplicación de las siguientes técnicas: 1) centelleo sólido, para la medida del índice de actividad alfa total por evaporación a sequedad, y por coprecipitación en las muestras de mayor salinidad; 2) contador proporcional, para la medida del índice de actividad beta total; 3) espectrometría de absorción atómica, para la medida de la concentración de potasio y el cálculo posterior del índice de actividad beta resto; 4) semiconductor de germanio ultra puro para espectrometría gamma y para la determinación de la actividad de cesio-137 y radón-222; 5) centelleo líquido, para la medida directa y por concentración electrolítica de la actividad de tritio; y 6) cámara de ionización y espectroscopía alfa, para la medida de radón-222 en aire y agua.

- Una combinación de metodologías para la determinación de las relaciones isotópicas de elementos ligeros, que incluye las técnicas más novedosas, como la espectrometría láser para deuterio y oxígeno-18 en agua; junto a otras más consolidadas, como la espectrometría de masas, para deuterio y oxígeno-18 en agua y carbono-13 en el carbono inorgánico disuelto (CID), para el trazado de procesos de interés en hidrología y geoquímica.

- Una combinación de metodologías para la determinación de las relaciones isotópicas de elementos ligeros, que incluye las técnicas más novedosas, como la espectrometría láser para deuterio y oxígeno-18 en agua; junto a otras más consolidadas, como la espectrometría de masas, para deuterio y oxígeno-18 en agua y carbono-13 en el carbono inorgánico disuelto (CID), como trazadores de procesos de interés en hidrología y geoquímica.

- Técnicas de datación mediante la medida por centelleo líquido de la actividad de: 1) tritio en agua previa concentración electrolítica; y 2) carbono-14 en el CID por síntesis de benceno, junto con los modelos de corrección de asociados que permiten la estimación del tiempo de renovación de los recursos hídricos y de transporte de contaminantes en aguas subterráneas.

RED ESPAÑOLA DE VIGILANCIA DE ISÓTOPOS EN PRECIPITACIÓN (REVIP)

El Centro participa en la Red Global de Isótopos en la Precipitación que gestionan la Organización Meteorológica Mundial y el Organismo Internacional para la Energía Atómica. Para ello creó en el año 2000 la Red Española de Vigilancia de Isótopos en Precipitación (REVIP), en colaboración con la Agencia Estatal de Meteorología.

La REVIP genera información de referencia para todos los estudios de hidrología isotópica en España, de aplicación también en la calibración de modelos de circulación global de la atmósfera, el estudio del cambio climático y del funcionamiento de ecosistemas, y la seguridad alimentaria. Los datos están disponibles a través de la web del Ministerio de Fomento: http://www.cedex.es/CEDEX/LANG_CASTELLANO/ORGANISMO/CENTYLAB/CETA/LINEAS/07_REVIP.htm



APLICACIONES

El área de Aplicaciones Isotópicas del CEDEX da apoyo al cumplimiento de tratados internacionales y Directivas de la Unión Europea en el marco de la Vigilancia Radiológica del medio acuático para el Consejo de Seguridad Nuclear y la Dirección General del Agua (DGA) del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA).

Adicionalmente, el área tiene el objetivo de potenciar el uso de técnicas de trazadores ambientales y datación en hidrología y gestión de recursos hídricos, una actividad auspiciada por el Organismo Internacional de la Energía Atómica dentro de su programa de Transferencia de Tecnología para el uso pacífico de las ciencias nucleares.

La caracterización radiológica de las aguas es de aplicación directa para la protección sanitaria de la población contra los peligros de la exposición a radiaciones ionizantes, e informa sobre el origen y evolución de la radiación natural o antrópica en las diferentes cuencas hidrográficas de España. El uso de estas técnicas en actividades que conllevan la presencia de fuentes de radiación natural amplía sus oportunidades de aplicación.

Las técnicas de trazadores proporcionan información directa sobre la dinámica del agua en todos los compartimentos del ciclo hidrológico. Destaca su capacidad para:

- Visualizar procesos de mezcla de aguas de origen diferente que serían indiscernibles de otro modo.
- Cuantificar parámetros hidrodinámicos de flujo y dispersión.
- Identificar procesos, áreas, volúmenes y tiempos asociados a la generación de escorrentía superficial y subterránea.

Desde hace décadas, el CEDEX aplica estas técnicas en el asesoramiento científico y técnico a la DGA del MAGRAMA, en materia de



gestión de recursos hídricos y de infraestructuras hidráulicas. En los últimos años, los trabajos se han centrado en la delimitación de masas de agua e identificación de sus conexiones, la datación de aguas subterráneas para la estimación de la recarga y del tiempo de renovación de los recursos, y el estudio de fugas en embalses, canales de trasvases y de abastecimiento.

Utilizando una variedad de medidas en laboratorio (abundancias relativas de isótopos estables, como oxígeno-18, deuterio, y carbono-13; y actividad de tritio y carbono-14) y de ensayos "in situ" (aforos, ensayos de caracterización e interconexión de sondeos) se pueden diferenciar las aguas subterráneas de diferente edad o de acuíferos desconectados; y las aguas superficiales y subterráneas. Este es el caso de las aguas almacenadas en embalses y las aguas autóctonas de su entorno, especialmente aquellas que surgen en fuentes y manantiales que pueden significar la presencia de fugas. La modelación numérica de procesos de mezcla y tiempos de renovación en sistemas hidráulicos informa sobre los patrones de flujo, el origen del agua y los solutos, y la evolución de contaminantes. Mediante ensayos del flujo en sondeos utilizando trazadores salinos o radiactivos, y perfiles de conductividad eléctrica, temperatura y gamma natural se identifican las formaciones geológicas que tienen mayor permeabilidad, se señalan vías de flujo preferente, y se optimizan programas de muestreo.





CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Los siguientes detalles técnicos de la instrumentación disponible en el área para cada tipo de ensayo facilitan la evaluación de su ajuste a los objetivos y necesidades de los clientes:

- Índice de actividad alfa total. Se utilizan los métodos de evaporación directa o coprecipitación en plancheta de acero inoxidable y un sistema detector de centelleo sólido de ZnS(Ag), formado por ocho tubos fotomultiplicadores. La actividad está referida a un patrón de americio-241 para el que la eficiencia de detección es superior al 40% en geometría 2π con un fondo inferior a 0,01 cuentas por minuto (cpm). La Actividad Mínima Detectable (AMD), con un volumen de 10 ml y un tiempo de recuento de 24 h, es $>0,04$ Bq/L.
- Índice de actividad beta total. Se utiliza el método de evaporación directa en plancheta de acero inoxidable y medida en contador proporcional de flujo de gas continuo Berthold LB 770-2. Ambos disponen de 10 tubos detectores ultraplano, blindaje de plomo para la atenuación gamma externa, y sistema de anticoincidencias para reducir el fondo. El rendimiento de detección para el estroncio-90/itrio-90 es superior a 0,4 en geometría 2π con un fondo inferior a 1 cpm. La actividad está referida a un patrón de estroncio-90 en equilibrio secular con itrio-90. La AMD alcanzada con un volumen de 200 ml y un tiempo de recuento de 300 minutos, es $>0,04$ Bq/L.
- Índice de actividad beta resto. Se determina mediante la sustracción de la actividad beta debida al potasio-40, calculada a partir de la concentración de potasio natural medida por Espectrofotometría de Absorción Atómica, a la actividad beta total.
- Espectrometría gamma de alta resolución y determinación de cesio-137 (mediante el uso de molibdofosfato amónico) y radón-222 con detectores de semiconductor de germanio ultrapuro cuya eficiencia relativa es del 25%, y

rango de medida de 100 a 2000 KeV. La resolución (FWHM) a 1,33 MeV del Co-60 es 2 KeV y la relación Pico-Compton es 57.

- Actividad de tritio y carbono-14. Se miden en detectores de centelleo líquido de muy bajo fondo, modelos Tri-Carb 2560 TR/XL y Tri-Carb 2770 TR/SL de Packard Instruments. El tritio tiene una AMD de >3 Bq/L por el método directo para un volumen de 10 ml de muestra filtrada o destilada y un tiempo de recuento de 360 minutos.
- Actividad de tritio por concentración electro-lítica. Se mide en detector de centelleo líquido Quantulus, modelo 1220, y tiene una AMD de $>0,05$ Bq/L para un volumen de 500 ml de muestra y un recuento de 360 minutos.
- Relaciones isotópicas D/H y O-18/O-16. Se miden en espectrómetro de masas Finnigan Delta Plus Advantage; o en espectrómetro laser Picarro L-1102i (CRDS). La incertidumbre, para ambas espectrometrías es 0,2 por mil para O-18 y 1,5 por mil para Deuterio.
- Relación isotópica C-13/C-12. Se mide en espectrómetro de masas Finnigan MAT, modelo DeltaS. La incertidumbre es 0,2 por mil.

Cada uno de los sistemas descritos está dotado de sistemas de adquisición de datos o computador asociado, para el control del proceso de medida, y de los correspondientes programas para el cálculo de resultados.

El **CEDEX** está acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), según Norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005, en el ámbito de Protección Radiológica y Radiactividad Ambiental para los ensayos: índice de actividad beta total y beta resto con contador proporcional, ambos en aguas de consumo humano, continentales y marinas; y actividad de tritio por centelleo líquido en aguas de consumo humano y continentales.