

# Catálogo de infraestructuras de I+D

## Área Medio Ambiente ITER

### Laboratorio de Geoquímica



El Laboratorio de Geoquímica de ITER, es una infraestructura científica que lleva operativa desde 1997 y que tiene como objetivo fundamental el estudio de la composición química de gases volcánicos, suelos y aguas. Los trabajos que se desarrollan están relacionados con las principales líneas de investigación que se llevan a cabo en el Área de Medioambiente del ITER, que se centran en la Volcanología, la Geotermia, la Hidrogeoquímica y la Calidad Ambiental. Todos estos trabajos son desarrollados por personal altamente cualificado que se encuentra en continua capacitación mediante la asistencia a cursos, estancias, congresos, etc.

El Laboratorio de Geoquímica cuenta con 2 espacios de trabajo: el Laboratorio de Química Húmeda y el Laboratorio de Química Instrumental.

#### *Laboratorio de Química Húmeda*

El laboratorio de química húmeda cuenta con el siguiente material y equipamiento:

- Producción y suministro de agua pura tipo II (E-POD) y agua ultra-pura tipo I (Q-POD). Milli Q Integral 3, Millipore.
- Valoradores automáticos METROHM 716 DMS Titrino con procesador de muestras integrado.
- Valorador automático METROHM 855.
- Centrífuga Mega Star 1.6, VWR.

- Espectrofotómetro visible/UV, modelo UV-3100PC.
- Campana de extracción de gases Flores Valles.
- pH METER PHM 92 Radiometer COPENHAGEN y Conductímetro CDM210 Radiometer COPENHAGEN.
- Baño-Agitador termostatzado VWR
- Balanzas de precisión Sartorius BP211D, PRACTUM224-1S, CP3202S y PRACTUM513 y VWR LP-6501.
- Estufas Jouan EB18 y Selecta 2000200.
- Agitador/Calefactor VMS-C10-2, VWR.
- Baño de ultrasonido/Calefactor
- Material fungible de vidrio y plástico (matraces aforados y Erlenmeyer, pipetas, vasos de precipitado, buretas, probetas, etc), micropipetas.

### *Laboratorio de Química Instrumental*

El laboratorio de química instrumental cuenta con la siguiente instrumentación y equipamiento:

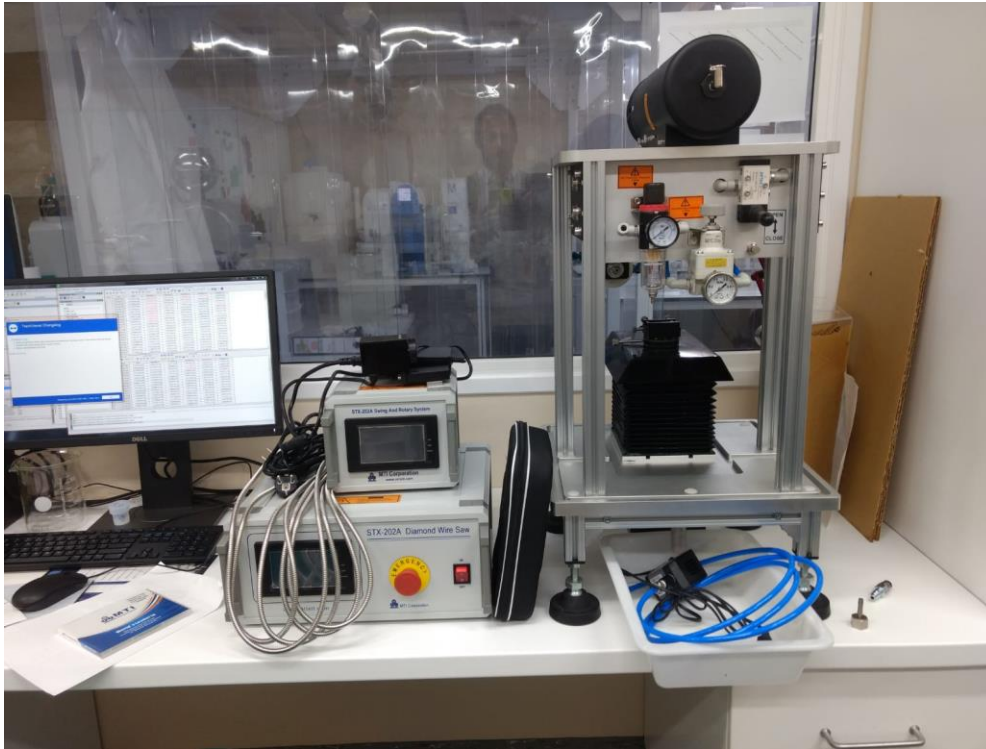
- Micro-cromatógrafos de gases de doble canal portátil modelos VARIAN 4900 y AGILENT 490 con detector de conductividad térmica (TCD).
- Cromatógrafo de gases AGILENT 7890B con detectores FID y TCD.
- Cromatógrafo de gases AGILENT GC7890 acoplado a espectrómetro de masas AGILENT MSD5977, equipado con los módulos CIA advantage, Kori-xr y Unity-xr de MARKES INTERNATIONAL.
- Cromatógrafo de líquidos DIONEX 500DX con detector de conductividad y amperométrico.
- Cromatógrafo de líquidos METROHM 861 Advanced Compac IC con detector de conductividad con procesador de muestras integrado.
- Cromatógrafo de líquidos THERMO FISHER SCIENTIFIC, Dionex ICS-2100 con detector de conductividad con procesador de muestras integrado.
- Espectrómetro de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES), PERKIN ELMER Optima 3300DV.
- Espectrómetros de masa con analizador cuadrupolar (QMS) PFEIFFER Omnistar 422.
- Espectrómetros de masas con analizador cuadrupolar (QMS) HIDEN QGA.
- Espectrómetros de masas con analizador cuadrupolar (QMS) HIDEN HPR40 MIMS.
- Espectrómetro de masas por plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), Thermo Fisher Scientific iCAP Q.
- Espectrómetro Óptico de plasma acoplado inductivamente (ICP Óptico), Perkin-Elmer OPTIMA 3300DV.
- Sistema de digestión por Microondas MARSX.

### *Otros equipamientos del laboratorio de Geoquímica*

El laboratorio de geoquímica del ITER cuenta además con otro equipamiento:

- Líneas de vacío para extracción y separación de muestras.
- Neveras para almacenaje de muestras y patrones.

## Laboratorio de Petrología



El objetivo general del laboratorio de petrología es medir la composición química y propiedades físicas de rocas y minerales para aumentar el conocimiento sobre los procesos físicos que operan en el interior de la Tierra, como por ejemplo los flujos de agua subterránea y los procesos de formación de rocas volcánicas y minerales. Estos últimos son especialmente importantes pues proporcionan información sobre el momento y el ritmo de los procesos magmáticos que conducen a las erupciones volcánicas. El objetivo de 2018-2020 ha sido mejorar la capacidad de ITER para preparar muestras para análisis especializados y maximizar la eficiencia de los análisis externos.

El laboratorio de Petrología cuenta con la siguiente instrumentación:

- Molino de Ágata, para la conminución de partículas <math><10\ \mu\text{m}</math>.
- Sierra de precisión STX-202p, PI-KEM.
- Dispositivo de micro muestreo mineral, MicroMill, Elemental Scientific.
- Estereomicroscopio ZEISS V20.

Equipamiento a adquirir próximamente:

- Pulidor de muestras.
- Recubridor de carbono / oro para muestras
- Cámara de vacío.
- Cámara de presión.
- Máquina perforadora de sobremesa para la producción de núcleos de roca de 1 a 50 mm de diámetro.

## Laboratorio de Geoquímica Isotópica



En el laboratorio de geoquímica isotópica se procede al análisis de relaciones de isótopos estables, mediante el uso de espectrómetros de masas de sector magnético. Los análisis se pueden realizar en diversas matrices (gases, aguas, suelos, minerales, fósiles, productos agroalimentarios, rocas,...). El laboratorio tiene capacidad para realizar el análisis de las relaciones  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ,  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ,  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  y  $^2\text{H}/^1\text{H}$  en matrices sólidas, líquidas y gaseosas, de las relaciones isotópicas de todos los gases nobles (He, Ne, Ar, Kr y Xe) en gases libres o disueltos en aguas y del resto de elementos estables de la tabla periódica en cualquier matriz líquida o sólida. Los estudios de composición isotópica están a la vanguardia de una amplia gama de aplicaciones: estudios de procedencia de muestras agrícolas y antropológicas, evaluación de interacciones entre diferentes reservorios geoquímicos (aguas subterráneas, manto terrestre,...), estudios de geocronología para fechar eventos geológicos, restringir la evolución del sistema cosmoquímico a través de mediciones de relaciones de isótopos en meteoritos, etc.

### Instrumentación:

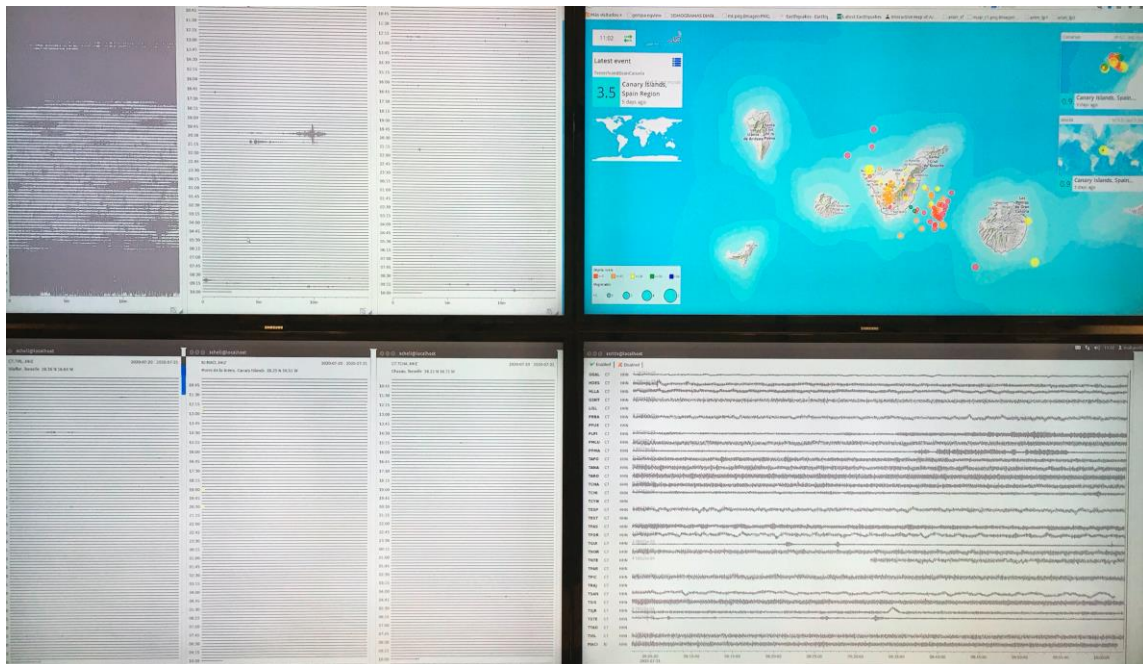
- Espectrómetro de masas de relaciones isotópicas (IRMS), modelo Thermo Finnigan MAT 253, provisto de los siguientes periféricos: analizador elemental Thermo Finnigan Flash EA 1112 Series, Thermo Finnigan GasBench II, cromatógrafo de gases Thermo Finnigan TraceGC ultra y unidad de combustión de muestras Thermo Finnigan GC Combustion III.
- Espectrómetro de masas de gases nobles (NGMS) modelo Thermo Fisher Scientific HELIX SFT.

- Espectrómetro de masas de ionización térmica (TIMS) modelo Thermo Fisher Scientific TRITON PLUS, equipado con una lente RPQ para aumentar la sensibilidad a la abundancia de isótopos, y dos amplificadores de  $10^{13} \Omega$  para mediciones de precisión ultra alta en pequeña cantidad de muestras e isótopos de baja abundancia.

Otro equipamiento:

- Sala limpia: espacio diseñado para la preparación de las muestras para el análisis en el TIMS.
- Producción y suministro de agua ultra-pura tipo I, Milli-Q Direct 8 + Q-POD Element Millipore.
- Campana de extracción Airone X, calefactores de temperatura variable, micropipetas Eppendorf, consumibles Savillex y resinas para la separación de Sr.
- Línea de purificación de muestras de gases para el análisis de gases nobles provistas de dos getters SAES CAPACITORR HV 200 y un getters de Ti-Zr con horno CARBOLITE-GERO hasta 1200°C.
- Línea de purificación de muestras de gases para el análisis de gases nobles provistas de dos getters SAES NP10 y dedo frío de carbón activo.
- Sistema de desgasificación de filamentos para TIMS Thermo Fisher Scientific.

## Red Sísmica Canaria



La Red Sísmica Canaria es una red instrumental permanente con fines de vigilancia volcánica y para el estudio de la corteza y del manto superior de Canarias. Su puesta en marcha data de noviembre de 2016. En la actualidad está compuesta por 51 estaciones sísmicas de banda ancha de las cuales 47 tienen localización permanente (22 en Tenerife, 7 en La Palma, 5 en El Hierro, 4 en Lanzarote, 4 en Gran Canaria, 4 en Fuerteventura y 1 en La Gomera) y 4 son de reserva. En la actualidad se encuentran instaladas y operativas 32 estaciones sísmicas (18 en Tenerife, 6 en La Palma, 5 en El Hierro, 2 en Gran Canaria y 1 en Lanzarote) y tienen previsto instalarse las 15 estaciones sísmicas restantes (4 en Fuerteventura, 2 en Gran Canaria, 1 en La Gomera, 1 en La Palma, 3 en Lanzarote y 4 en Tenerife).

Todas las estaciones transmiten los datos en tiempo real, a través de conexión GSM hacia el ITER. Los datos son procesados automáticamente en tiempo real a través del software SeisComp3 Pro que, además de realizar el almacenamiento y el acceso a los datos, permite la localización automática de los terremotos de suficiente magnitud a escala local y regional. El procesamiento se realiza por una máquina virtual dedicada en el supercomputador Teide-HPC y equipada con 16 CPU Xeon X5 2670, 128GB de memoria RAM, 1TB para S.O. + 25TB de almacenamiento y dos tarjetas de red de 10Gbps, una conectada permanentemente a Internet y la otra para recursos compartidos.

Los datos sísmicos son revisados semanalmente por un equipo de técnicos e investigadores, para la detección y localización de los terremotos de pequeña magnitud. En la actualidad la Red Sísmica Canaria permite detectar y localizar terremotos de magnitud hasta inferior que 1 en Tenerife y sus alrededores e inferior que 2 en las otras islas.

Equipamiento:

- Sensores Nanometrics Trillium Compact 120 s en configuración de superficie y Posthole
- Dataloggers Nanometrics Centaur
- Sensores Guralp 3ESPC 120 s en configuración de superficie

- Dataloggers Guralp Minimus
- Radiomodem GSM
- Software SeisComp3 Pro

## Red Geoquímica Canaria



La Red Geoquímica Canaria es una red instrumental permanente que cuenta con el seguimiento y medida en modo continuo de parámetros de interés para la monitorización geoquímica con fines de vigilancia volcánica. Su puesta en marcha data de abril de 1999. En la actualidad está compuesta por 18 estaciones geoquímicas permanentes (9 en Tenerife, 5 en La Palma, 3 en El Hierro y 1 en Lanzarote). En la actualidad se encuentran instaladas y operativas 11 estaciones geoquímicas (6 en Tenerife, 2 en La Palma y 3 en El Hierro) y se tiene previsto instalar 1 en Gran Canaria y reinstalar el resto. Todas las estaciones transmiten los datos en tiempo real, a través de conexión GSM hacia el ITER. Los datos son procesados posteriormente por personal del ITER y almacenados.

Los datos geoquímicos son revisados semanalmente por un equipo de técnicos e investigadores, para la elaboración de informes. Los datos consisten principalmente en series temporales de flujo difuso de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{S}$ , series temporales de actividad de  $^{222}\text{Rn}$  y  $^{220}\text{Rn}$  tanto en gas disuelto en aguas subterráneas como en gas de la atmósfera del suelo y series temporales de las relaciones  $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2/\text{SO}_2$ ,  $\text{He}/\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}_2/\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2/^{36}\text{Ar}$ ,  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ ,  $\text{N}_2/\text{O}_2$ , de emisiones visibles (fumarolas).

Equipamiento:

- Estaciones geoquímicas WESTSYSTEMS para la medida del flujo difuso de  $\text{CO}_2$  (DRAGUER POLYTRON 2) y  $\text{H}_2\text{S}$  (TOX-05-H2S detector).
- Estaciones geoquímicas WESTSYSTEMS para la medida del flujo difuso de  $\text{CO}_2$  (LICOR 830) y  $\text{H}_2\text{S}$  (TOX-05-H2S detector).



- Estaciones geoquímicas WESTSYSTEMS para la medida del flujo difuso de CO<sub>2</sub> (LICOR 820) y H<sub>2</sub>S (TOX-05-H2S detector).
- Estaciones geoquímicas WESTSYSTEMS para la medida del flujo difuso de CO<sub>2</sub> (LICOR 830).
- Estaciones geoquímicas WESTSYSTEMS para la medida del flujo difuso de CO<sub>2</sub> (LICOR 820).
- Espectrómetro de masas tipo cuadrupolar - QMS (HYDEN) que registra la composición química e isotópica de los gases disueltos en las aguas subterráneas.
- Espectrómetros alfa tipo electrostático SARAD RTM-2010-2 para el registro de la actividad del gas radón (<sup>222</sup>Rn) y torón (<sup>220</sup>Rn) en la atmósfera del suelo.
- Espectrómetros alfa tipo electrostático SARAD RTM-1688 para el registro de la actividad del gas radón (<sup>222</sup>Rn) y torón (<sup>220</sup>Rn) en la atmósfera del suelo.
- Espectrómetros alfa tipo electrostático SARAD RTM-2200 para la medida del flujo de gas <sup>222</sup>Rn y <sup>220</sup>Rn y CO<sub>2</sub>.
- Microcromatógrafo VARIAN MicroGC4900 para el seguimiento y medida de los contenidos en CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, He, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> y Ne en las emisiones visibles (fumarolas) del Teide.
- Multisensor WESTSYSTEMS equipado con un LICOR 850 para la medida del CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O y sensores electroquímicos para la medida del H<sub>2</sub>S y SO<sub>2</sub>, para el seguimiento y medida de las relaciones existentes entre los principales componentes de los gases volcánicos emitidos por las fumarolas del Teide.
- Sondas multiparamétricas YSI-EXO2 y EUREKA MANTA 2 y para el registro del pH, temperatura y conductividad de las aguas subterráneas.

## Red Geodésica Canaria



La Red Geodésica Canaria es una apuesta conjunta del Instituto Tecnológico y de Energías Renovables (ITER), Cartográfica de Canarias (GRAFCAN) y de la Universidad de Nagoya (Japón). En la actualidad esta red instrumental permanente cuenta con 43 estaciones GPS, de las cuales 18 son del INVOLCAN, 17 son de GRAFCAN y 4 son de la Universidad de Nagoya (Japón). La finalidad de esta red principalmente es la monitorización de la deformación del terreno con fines de vigilancia volcánica. Está compuesta por 43 estaciones GPS, de las cuales: a) 35 estaciones GPS de las cuales se localizan permanentemente 12 en Tenerife, 5 en La Palma, 6 en El Hierro, 3 en Lanzarote, 4 en Fuerteventura, 4 en Gran Canaria y 1 en La Gomera, y b) la red dispone de otras 8 estaciones de reserva para ser desplegadas en caso de necesidad o campaña, así como el reemplazo en caso de mal funcionamiento de alguna de las instaladas.

Todos los receptores envían diariamente, sobre las 01:00am, los datos registrados de las 24h del día anterior, para ser almacenados y posteriormente procesados automáticamente por el software Bernese en una máquina virtual dedicada en el supercomputador Teide-HPC y equipada con 16 CPU Xeon X5 2670, 128GB de memoria RAM, 1TB para S.O. + 25TB de almacenamiento y dos tarjetas de red de 10Gbps, una conectada permanentemente a Internet y la otra para recursos compartidos. Los desplazamientos típicos detectables por cada estación GPS corresponden a centímetros en la vertical y milímetros en la horizontal.

Equipamiento:

- Receptores Ashtech iCGRS y antenas ASH701945C.
- Receptores Ashtech ZXtreme y antenas LEIAX1203+GNSS.

- Receptores Leica GMX902 y antenas AX1203+GNSS.
- Receptores Leica GM30 y antenas AS10.
- Licencia para el procesamiento de datos GPS “Bernese GNSS Software”.

## Red Geodésica de Cabo Verde



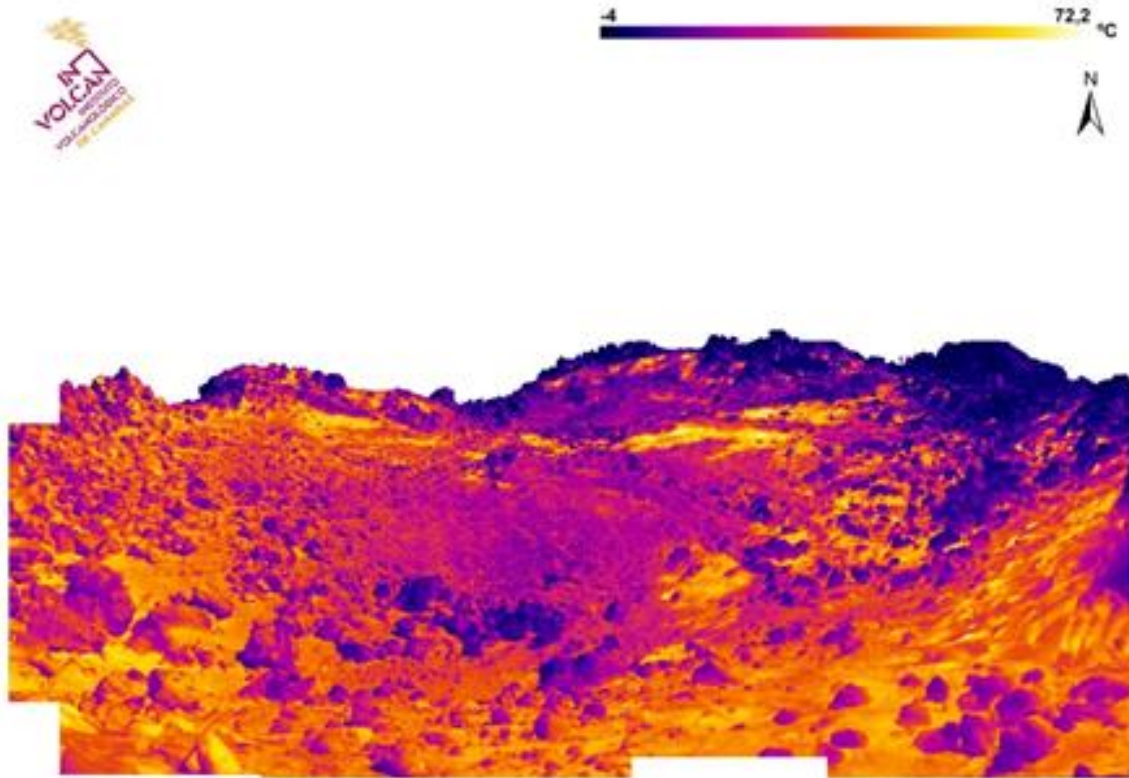
La Red Geodésica de Cabo Verde es una red instrumental permanente para la monitorización de la deformación del terreno con fines de vigilancia volcánica. Está red compuesta por 10 estaciones GPS de las cuales 5 son propiedad del Instituto Nacional de Gestão do Território, 4 son del Instituto Tecnológico y de Energías Renovables (aunque gestionadas y mantenidas por INVOLCAN) y 1 de la Universidade de Cabo Verde (UniCV). Estas antenas GPS diferenciales se localizan permanentemente: 5 en la isla de Fogo que es la única con erupciones históricas documentadas, 2 en la isla Santiago, 1 en Boa Vista, 1 en Sao Vicente y 1 más en la isla de Sal.

Estos receptores de la red geodésica de Cabo Verde también envían diariamente, sobre las 01:00am, los datos registrados de las 24h del día anterior, para posteriormente procesados en la misma máquina dedicada que procesa los datos de la Red Geodésica Canaria.

Equipamiento:

- Receptores Leica GM10 y antenas AS10.
- Receptores Trimble NET R9 y antenas Zephyr Geodetic II.

## Red Térmica y Termográfica Canaria



La Red Térmica y Termográfica Canaria es una red instrumental permanente que cuenta con el seguimiento termométrico en modo continuo de la temperatura a 40 cm de profundidad (flujo de calor) y termográfico del cráter del Teide para la monitorización geofísica con fines de vigilancia volcánica. Su puesta en marcha data de abril de 1999. En la actualidad está compuesta por 9 estaciones geoquímicas permanentes (5 en Tenerife, 2 en La Palma, 1 en El Hierro y 1 en Lanzarote). En la actualidad se encuentran instaladas y operativas 5 estaciones termométricas (3 en Tenerife, 1 en La Palma y 1 en El Hierro) y se tiene previsto instalar 1 en Gran Canaria y reinstalar el resto. Todas las estaciones transmiten los datos en tiempo real, a través de conexión GSM hacia el ITER. Los datos son procesados posteriormente por personal del ITER y almacenados. Así mismo cuenta con una cámara termográfica que monitoriza en modo continuo la temperatura y el flujo de calor del cráter del Teide.

### Equipamiento:

- Estaciones termométricas para la medida de la temperatura del suelo a 40 cm de profundidad.
- Cámara térmica FLIR A655sc.

## **Instrumentación geofísica y geoquímica portátil**

El programa geofísico y geoquímico del ITER para la vigilancia volcánica y la exploración geotérmica cuenta con un apartado sobre el seguimiento y medida en modo discreto de parámetros geofísicos y geoquímicos de interés. Dada la carencia de manifestaciones visibles de emanaciones de gases volcánicos, el mayor esfuerzo del programa geoquímico en modo discreto se centra en la monitorización de las emanaciones difusas o no visibles que tienen lugar en los diferentes sistemas volcánicos.

### *Equipamiento geofísico portátil:*

- Cámara térmica de IR FLIR modelo P65.
- Cámara térmica de IR FLIR modelo T660.
- Cámara térmica de IR FLIR modelo A65.
- Cámara térmica de IR FLIR E53 24°.
- Medidor digital portátil de flujo de calor Hukseflux LI19.
- Estaciones sísmicas portátiles de banda ancha equipadas con sensores Nanometrics Trillium Compact 120 s y datalogger Nanometrics Centaur
- Estaciones sísmicas portátiles de banda ancha equipadas con sensores Guralp 3ESPC 120 s y datalogger Guralp Minimus
- Estaciones receptoras para la medición de resistividad y potencial espontáneo IRIS V-FullWaver
- Estación transmisora para la medición de resistividad y potencial espontáneo IRIS I-FullWaver
- Generador eléctrico y generador de señales para realizar medidas de resistividad superficial
- Estaciones Metronix ADU08e para medidas de magnetotelúrica equipadas con magnetómetros MSF-06e y respectivos electrodos.
- Magnetómetro portátil MEDA FMV-400.

### *Equipamiento geoquímico portátil:*

- Instrumentación para la medida de flujo difuso de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S con sensor LICOR 820 y H<sub>2</sub>S-ALPHASENSE, respectivamente.
- Instrumentación para la medida de flujo difuso de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S con sensor LICOR 830 y H<sub>2</sub>S-ALPHASENSE, respectivamente.
- Instrumentación para la medida de flujo difuso de CO<sub>2</sub> con sensor DRAGUER POLYTRON 2.
- Multisensor WESTSYSTEMS equipado con un LICOR 840 para la medida del CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O y sensores electroquímicos para la medida del H<sub>2</sub>S y SO<sub>2</sub>, para el seguimiento y medida de las relaciones existentes entre los principales componentes de los gases volcánicos.
- Multisensor WESTSYSTEMS equipado con un LICOR 850 para la medida del CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O y sensores electroquímicos para la medida del H<sub>2</sub>S y SO<sub>2</sub>, para el seguimiento y medida de las relaciones existentes entre los principales componentes de los gases volcánicos.
- Analizador de vapor de mercurio modelo JEROME 431-X.
- Analizadores de sulfuro de hidrógeno modelo JEROME 631-X.
- Espectrómetros alfa tipo electrostático de gas radón SARAD modelo RTM2010-2.
- Espectrómetros alfa tipo electrostático de gas radón SARAD modelo RTM2200.
- Espectrómetros alfa tipo electrostático de gas radón SARAD modelo RTM1688-2.
- Sondas multiparamétricas Waterproof OAKTON pH/CON 10 Meter para la determinación *in situ* de pH, conductividad y temperatura.

- Sondas multiparamétricas YSI Professional Plus Quatro Cable para la determinación in situ de pH, conductividad, potencial redox y temperatura.
- Detector portátil de gases Dräger MQG 0100.
- Sensor de gas de láser de diodo regulable (TDL) para CH<sub>4</sub>.

## Sensores Ópticos Remotos



Los Sensores Ópticos Remotos disponibles permiten estimar los niveles de inmisión y emisión de contaminantes en la atmósfera. Pueden ser instalados para, tanto el estudio de tasas de emisión de contaminantes atmosféricos ( $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_2$ ) de focos puntuales (Centrales Termoeléctricas, Refinerías, Volcanes), como la monitorización de niveles de inmisión  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$  y otros. Estos sensores, se dispone de 4 tipos diferentes, operando dos de ellos en el rango UV-VIS y otros dos en el rango Infrarrojo:

- Respecto al rango UV-VIS, habitualmente usados para la monitorización y evaluación de las tasas de emisión de Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ), así como Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), procedentes de Centrales Termoeléctricas de Tenerife y Refinería se dispone de dos tipos de instrumentos: COSPEC y miniDOAS.
- En el caso del rango IR, usados habitualmente para la monitorización de niveles de inmisión provocados tanto por actividad antrópica, volcánica como por el ganado, se dispone de dos instrumentos diferentes: TDL y OpenPath-FTIR.

Equipamiento:

- COSPEC (CORrelation SPECtrometer), modelos IV y V, cada uno de los cuales son mono componente, sólo puede estimar un contaminante al mismo tiempo. Se dispone de dos, para poder evaluar ambos contaminantes simultáneamente, uno para  $\text{SO}_2$  y otro para  $\text{NO}_2$ .
- miniDOAS (mini-aturized Differential Optical Absorbance Spectrometer), de Ocean Optics S1000 y USB2000+, se dispone de dos espectrómetros también, y al registra el espectro completo permitiría obtener concentraciones de más de un componente simultáneamente (p.e.:  $\text{SO}_2$  y  $\text{O}_3$ ). En el caso concreto de los dos contaminantes típicos estudiados,  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_2$ ,



también se usa un instrumento por contaminante dado que el  $\text{SO}_2$  absorbe en UV y el  $\text{NO}_2$  en VIS. El espectrómetro para la determinación de la concentración de  $\text{SO}_2$  lleva incorporado un filtro UV para “reducir” el resto de bandas y trabajar con mejor S/R.

- TDL (Tunable Diode Láser), fabricado por Boreal, permite la determinación de la concentración de un solo componente al mismo tiempo por instrumento. También dispone de dos sensores, uno es usado para  $\text{CO}_2$  y otro de  $\text{H}_2\text{S}$ .
- OP-FTIR (OpenPath-FourierTransformalInfraRed), de la marca MIDAC, que permite estimar los niveles de inmisión de varios componentes simultáneamente como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , HF, HCl,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{SO}_2$ .

## Unidad Móvil para la medida de contaminantes atmosféricos



La unidad móvil, ECOCAR, fue adquirida por el Excmo. Cabildo Insular de Tenerife en 1990 y concebida en primer término para materializar un programa de medición de la contaminación atmosférica de fondo en la isla de Tenerife. En 1993, se firma un convenio entre el Cabildo y el Instituto Tecnológico y de Energías Renovables (ITER) con el objetivo de la validación de datos y la realización de medidas en diversos puntos de la Isla. Desde entonces, la instrumentación del vehículo ha ido actualizándose en diferentes períodos. En la actualidad, el ECOCAR está dotado de sensores para la medida de los niveles de inmisión en modo continuo de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  y  $\text{NO}_x$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), ozono ( $\text{O}_3$ ) y partículas en suspensión de diámetro inferior a 10 micras ( $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$ ).

### Equipamiento:

- Sensor de  $\text{CO}_2$ , con rango de medida configurable de 0 a 2.000ppm, ó de 0 a 20.000 ppm. Marca LICOR - Modelo LI-820.
- Analizador de  $\text{CO}$  para la determinación entre 0 y 25 ppm. Marca HORIBA - Modelo APMA-370.
- Analizador de  $\text{O}_3$  para la determinación entre 0 y 500 ppb. Marca API - Modelo 400A.
- Analizador de  $\text{SO}_2$  para la determinación entre 0 y 500 ppb. Marca MONITOR EUROPE - Modelo ML@9850B.
- Analizador de  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  y  $\text{NO}_x$  para la determinación entre 0 y 500 ppb. Marca HORIBA - Modelo APNA-370.
- Monitor de Partículas ( $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_{10}$ ). Marca PALAS - Modelo FIDAS-200.

# Catálogo de servicios y asesoramiento experto

## Área Medio Ambiente ITER

### Análisis químico e isotópico de aguas naturales



Este servicio incluye el análisis de la composición química e isotópica de las aguas subterráneas. En relación a la composición química, se analizan los siguientes parámetros (Calcio, magnesio, sodio, potasio, amonio, litio, bicarbonato, sulfato, cloruro, nitrato, nitrito, fosfato, bromuro, fluoruro). En relación a la composición isotópica, se analizan las relaciones isotópicas (D/H,  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ,  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  y  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ).

#### *Responsable del Servicio:*

Dr. Pedro A. Hernández Pérez

Teléfono: 922747700

Correo electrónico: [phdez@iter.es](mailto:phdez@iter.es)

#### *Formalización del servicio:*

La prestación del servicio se puede materializar siguiendo dos formatos posibles:

(1) mediante el pago del servicio prestado, cuyo coste será acordado entre las partes en función del número de muestras y parámetros a determinar en cada una de las muestras. Si los resultados obtenidos de la prestación del servicio se publican en revistas, capítulos de libros y congresos, ha de

reflejarse en el apartado de agradecimientos de las publicaciones y presentaciones que el servicio ha sido prestado por el ITER. Los contratantes deben proporcionar una copia del artículo, capítulo de libro o abstract a la persona responsable del servicio.

(2) mediante un formato de colaboración científica entre las partes que promueva la participación de personal investigador del ITER para la publicación científica de los resultados obtenidos por el servicio prestado.

#### *Experiencia:*

Nuestra experiencia sobre el análisis químico e isotópico de aguas subterráneas está acreditada a través de diversas publicaciones en revistas científicas internacionales del JCR relacionados con la exploración geotérmica y la monitorización geoquímica de la actividad volcánica mediante métodos geoquímicos.

Amonte, C., Asensio-Ramos, M., Melián, G.V., Pérez N. M., Padrón E., Hernández P. A., Rodríguez F., D'Auria L. and López D. (2021). Hydrogeochemical temporal variations related to changes of seismic activity at Tenerife, Canary Islands. *Bulletin of Volcanology* 83, 24, <https://doi.org/10.1007/s00445-021-01445-4>

Sabria K., Marrero-Díaz R., Ntarmouchant A., Bento dos Santos T., Ribeiro M. L., Solá A.R., Smaili H., Benslimane A., Chibout M., Pérez N. M., Padrón E., Melián G. V., Asensio-Ramos M., Carreira P.M. and Jesus A.P. (2019). Geology and hydrogeochemistry of the thermo-mineral waters of the South Rif Thrust (Northern Morocco). *Geothermics*, 78, 28-49. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2018.11.005>.

Hernández P. A., Melián G. V., Somoza L., Arpa M. C., Pérez N. M., Bariso E., Sumino H., Padrón E., Varekamp J.C., Albert-Beltran J. and Renato Solidum (2017). The acid crater lake of Taal Volcano, Philippines: hydrogeochemical and hydroacoustic data related to the 2010–11 volcanic unrest. *Geological Society, London, Special Publications*, 437, DOI:10.1144/SP437.17.

Melián G., Somoza L., Padron E., Pérez N. M., Hernández P. A., Sumino H., Forjaz V., and França Z. (2016). Surface CO<sub>2</sub> emission and rising bubble plumes from degassing of crater lakes in São Miguel Island, Azores. *Geological Society, London, Special Publications*, 437, DOI: 10.1144/SP437.14.

Marrero-Díaz R., López D., Pérez N. M., Custodio E., Sumino H., Melián G. V., Padrón E., Hernandez P. A., Calvo D., Barrancos J., Padilla G., and Sortino F. (2015). Carbon dioxide and helium dissolved gases in groundwater at central Tenerife Island, Canary Islands: chemical and isotopic characterization. *Bulletin of Volcanology*, 77(10), doi:10.1007/s00445-015-0969-0.

Pérez N. M., Hernández P. A., Igarashi G., Trujillo I., Sumino H. and Wakita H. (2008). Searching and detecting earthquake geochemical precursors in CO<sub>2</sub>-rich ground waters from Galicia, Spain. *Geochemical Journal*, 42, 75-83

Marrero R., López D. L., Hernández P. A. and Pérez N. M. (2008). Carbon dioxide discharged through the Las Cañadas aquifer, Tenerife, Canary Islands. *Pure and Applied Geophysics*, 165, 147-172.

Pérez N. M., Hanor J. S., Means J., Álvarez C. E., Hernández Moreno J. M. (1996). Volcanogenic mercury pollution in the ground water system of La Palma, Canary Islands, Spain, *Geogaceta*, 20 (6), 1302-1304.

## Análisis químico e isotópico de gases libres y disueltos en aguas naturales



Este servicio incluye el análisis de la composición química e isotópica de los gases emitidos en descargas gaseosas naturales (fumarolas, hervideros, burbujeos, etc.) como disueltos en aguas subterráneas. Además, y dada la carencia de manifestaciones visibles de emanaciones de gases volcánicos en Canarias (con excepción de las fumarolas del Teide y los burbujeos en algunas surgencias de aguas subterráneas), nuestro grupo ha realizado también un gran esfuerzo en el desarrollo de metodologías de muestreo y análisis de las emanaciones difusas o no visibles que tienen lugar en los sistemas volcánicos, para caracterizar química e isotópicamente los gases existentes en el ambiente superficial. Dichos análisis son imprescindibles para determinar las características y el origen del gas, tanto en las emanaciones visibles como las difusas.

### *Responsable del Servicio:*

Dra. Gladys V. Melián Rodríguez  
Teléfono: 922747700  
Correo electrónico: gladys@iter.es

### *Formalización del servicio:*

La prestación del servicio se puede materializar siguiendo dos formatos posibles:

(1) mediante el pago del servicio prestado, cuyo coste será acordado entre las partes en función del número de muestras y parámetros a determinar en cada una de las muestras. Si los resultados obtenidos de la prestación del servicio se publican en revistas, capítulos de libros y congresos, ha de

reflejarse en el apartado de agradecimientos de las publicaciones y presentaciones que el servicio ha sido prestado por el ITER. Los contratantes deben proporcionar una copia del artículo, capítulo de libro o abstract a la persona responsable del servicio.

(2) mediante un formato de colaboración científica entre las partes que promueva la participación de personal investigador del ITER para la publicación científica de los resultados obtenidos por el servicio prestado.

### *Experiencia:*

Nuestra experiencia sobre el análisis químico e isotópico de gases libres y disueltos en aguas naturales está acreditada a través de un largo historial de publicaciones en revistas científicas internacionales del JCR relacionados con la monitorización de la actividad volcánica mediante métodos geoquímicos y la exploración geotérmica. Somos el grupo de investigación español con mayor experiencia en este tipo de análisis y su aplicación práctica en las temáticas anteriormente mencionadas. Se muestran a continuación algunas publicaciones en revistas del JCR:

Hernández P. A., Melián G. V., Asensio-Ramos M., Padrón E., Sumino H., Pérez N. M., Padilla G. D., Barrancos J., Rodríguez F., Amonte C., Arcilla C. and Mahar Lagmay A. (2021). Geochemical and isotopic evidence of volcanic plumbing system processes from fumarolic gases of Taal volcano, Philippines, prior to the January 2020 eruption. *Chemical Geology*, <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2021.120216>

Melián G, Tassi F, Pérez N. M., Hernández P, Sortino F, Vaselli O, Padrón E, Nolasco D, Barrancos J, Padilla G, Rodriguez F, Dionis S, Calvo D, Notsu K, Sumino H. (2012). A magmatic source for fumaroles and diffuse degassing from the summit crater of Teide volcano (Tenerife, Canary Islands): geochemical evidence for the 2004-05 seismic-volcanic crisis. *Bulletin of Volcanology*, 74(6), 1465–1483, doi:10.1007/s00445-012-0613-1.

Padrón E., Hernández P. A., Pérez N. M., Toulkeridis T., Melián G., Barrancos J., Virgili G., Sumino H. and Notsu K. (2012). Fumarole/plume and diffuse CO<sub>2</sub> emission from Sierra Negra caldera, Galapagos archipelago. *Bulletin of Volcanology*, 74 (6), 1509-1519. DOI 10.1007/s00445-012-0610-4

Mori, T., Hernández, P.A., Salazar, J.M., Pérez N.M., and Notsu, K. (2001). An in-situ method for measuring CO<sub>2</sub> flux from hydrothermal fumaroles. *Chemical Geology*, 177, 85-99

Amonte, C., Asensio-Ramos, M., Melián, G.V., Pérez N. M., Padrón E., Hernández P. A., Rodríguez F., D'Auria L. and López D. (2021). Hydrogeochemical temporal variations related to changes of seismic activity at Tenerife, Canary Islands. *Bulletin of Volcanology* 83, 24, <https://doi.org/10.1007/s00445-021-01445-4>

Hernández P. A., Melián G. V., Somoza L., Arpa M. C., Pérez N. M., Bariso E., Sumino H., Padrón E., Varekamp J.C., Albert-Beltran J. and Renato Solidum (2017). The acid crater lake of Taal Volcano, Philippines: hydrogeochemical and hydroacoustic data related to the 2010–11 volcanic unrest. *Geological Society, London, Special Publications*, 437, DOI:10.1144/SP437.17.

Marrero-Díaz R., López D., Pérez N. M., Custodio E., Sumino H., Melián G. V., Padrón E., Hernández P. A., Calvo D., Barrancos J., Padilla G., and Sortino F. (2015). Carbon dioxide and helium dissolved gases in groundwater at central Tenerife Island, Canary Islands: chemical and isotopic characterization. *Bulletin of Volcanology*, 77(10), doi:10.1007/s00445-015-0969-0.

Marrero R., López D. L., Hernández P. A. and Pérez N. M. (2008). Carbon dioxide discharged through the Las Cañadas aquifer, Tenerife, Canary Islands. *Pure and Applied Geophysics*, 165,

## Análisis de compuestos orgánicos volátiles (VOC) en el aire atmosférico y otras matrices gaseosas



La calidad del aire ha ido empeorando con las décadas, trayendo como consecuencias el ya conocido efecto invernadero, la lluvia ácida, la destrucción de la capa de ozono, etc. El efecto invernadero es función de la concentración de gases de origen natural o antropogénico, como el vapor de agua, el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y otros gases traza presentes en la atmósfera terrestre que absorben la radiación infrarroja que sale de la superficie de la Tierra y que están caracterizados por su *forzamiento radiativo*. Entre estos gases traza se encuentran el metano ( $\text{CH}_4$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y el ozono ( $\text{O}_3$ ). Compuestos como los clorofluorocarbonados (CFCs), hidroclorofluoro-carbonados (HCFCs) y bromofluorocarbonados (BrFCs) se generan sólo a partir de procesos industriales y además de contribuir al calentamiento global del planeta también son responsables de la destrucción de la capa de ozono. Otros gases que también contribuyen al inventario global de gases con efecto invernadero, aunque no estén directamente caracterizados por su *forzamiento radiativo*, son gases troposféricos como el monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), el dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) y el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ).

Los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (VOCDMs) son compuestos formados generalmente por hidrocarburos a los que se les une alguno de los siguientes grupos químicos: alcoholes, aldehídos, alcanos, aromáticos, cetonas y derivados halogenados. Se caracterizan por ser sustancias vaporizables fácilmente a temperatura ambiente, y muchos de ellos son incoloros e inodoros. Con respecto a su incidencia en el medio ambiente, estos compuestos son precursores de ozono, es decir, que al mezclarse con otros contaminantes atmosféricos, como los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), y reaccionar con la luz solar, son capaces de formar ozono a nivel de suelo, que es nocivo para el ser humano, y el principal agente que contribuye al smog fotoquímico.

*Responsable del Servicio:*

Dr. Nemesio M. Pérez Rodríguez

Teléfono: 922747700

Correo electrónico: nperez@iter.es

### *Formalización del servicio:*

La prestación del servicio se puede materializar siguiendo dos formatos posibles:

(1) mediante el pago del servicio prestado, cuyo coste será acordado entre las partes en función del número de muestras y parámetros a determinar en cada una de las muestras. Si los resultados obtenidos de la prestación del servicio se publican en revistas, capítulos de libros y congresos, ha de reflejarse en el apartado de agradecimientos de las publicaciones y presentaciones que el servicio ha sido prestado por el ITER. Los contratantes deben proporcionar una copia del artículo, capítulo de libro o abstract a la persona responsable del servicio.

(2) mediante un formato de colaboración científica entre las partes que promueva la participación de personal investigador del ITER para la publicación científica de los resultados obtenidos por el servicio prestado.

### *Experiencia:*

Nuestra experiencia en el análisis de COVs en el aire atmosférico y otras matrices gaseosas está acreditada a través de nuestros trabajos relacionados con el tema. Por lo tanto, tenemos la capacidad técnica y profesional para la realización de este tipo de servicios.

Randazzo A., M. Asensio-Ramos M., Melián G. V., Venturi S., Padrón E., Hernández P. A., Pérez N. M., Tassi F. (2020). Volatile organic compounds (VOCs) in solid waste landfill cover soil: Chemical and isotopic composition vs. degradation processes. *Science of the Total Environment*, 726, 138326.

Nolasco, D. (2010) Emisiones e inmisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs) en Tenerife, Islas Canarias. Tesis Doctoral, Universidad de La Laguna, ISBN: 978-84-7756-951-0.



## Estudios de emisión fugitiva de biogás y análisis de eficiencia del sistema de extracción de biogás en vertederos



El biogás es un gas combustible generado por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno, bien debido a la acción de microorganismos u otros factores. El biogás se puede producir en los vertederos por la descomposición de la materia orgánica de los residuos y está compuesto principalmente por metano ( $\text{CH}_4$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), hidrógeno ( $\text{H}_2$ ), sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ), oxígeno ( $\text{O}_2$ ), nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) y una pequeña fracción de compuestos orgánicos o metanizados (NMOCs). El  $\text{CH}_4$  (50-70%) y el  $\text{CO}_2$  (20-50%) son los principales constituyentes del biogás y el estudio de estos componentes suministra una importante información del estado de la actividad en la que se encuentra el vertedero.

El gas de vertedero procede principalmente de la descomposición de la materia orgánica presente en los residuos sólidos urbanos (RSU). La vida media de fermentación de la materia orgánica oscila entre los 15 y 20 años, siendo el proceso de degradación relativamente complejo. En general, este proceso está controlado por ciertas variables físico-químicas: el porcentaje de humedad de los RSU, la granulometría de los mismos, el flujo de agua, pH del medio, temperatura y presencia y distribución de microorganismos (EPA, 1995).

Parte de las emisiones de contaminantes generadas en los vertederos se controlan mediante la instalación de sistemas de drenaje para la recogida de lixiviados y de sistemas de extracción para la recuperación del biogás. Los sistemas de drenaje tienen por objeto, por una parte, evitar el aporte de contaminantes en forma de lixiviados al subsuelo y, más concretamente, al sistema hidrológico. Por otra, también se pretende evitar problemas de estabilidad de la masa de residuos y mantener una humedad adecuada para la fermentación de los mismos, evitando así que las acumulaciones líquidas en el interior del vertedero por un drenaje deficiente puedan favorecer deslizamientos y/o inhibir la producción de gas de vertedero. Por otro lado, los sistemas de desgasificación se implantan con el objeto de evitar que la emisión de gases generados en el vertedero pase a la atmósfera, minimizando así riesgos de incendio, toxicidad, molestias en el entorno, impacto climático por emisiones de gases

de efecto invernadero (GEIs), etc. De hecho, el impacto ambiental y la naturaleza combustible del gas de vertedero recomiendan su captación y posterior aprovechamiento energético, obteniendo además un beneficio económico. Sin embargo, existe un porcentaje de emisión denominada *no controlada* o *fugitiva* que escapa o difunde a través de la superficie del vertedero.

*Responsable del Servicio:*

Dr. Nemesio M. Pérez Rodríguez  
Teléfono: 922747700  
Correo electrónico: nperez@iter.es

*Formalización del servicio:*

La prestación del servicio se puede materializar siguiendo dos formatos posibles:

(1) mediante el pago del servicio prestado, cuyo coste será acordado entre las partes en función del número de medidas y parámetros a determinar en cada una de las muestras. Si los resultados obtenidos de la prestación del servicio se publican en revistas, capítulos de libros y congresos, ha de reflejarse en el apartado de agradecimientos de las publicaciones y presentaciones que el servicio ha sido prestado por el ITER. Los contratantes deben proporcionar una copia del artículo, capítulo de libro o abstract a la persona responsable del servicio.

(2) mediante un formato de colaboración científica entre las partes que promueva la participación de personal investigador del ITER para la publicación científica de los resultados obtenidos por el servicio prestado.

*Experiencia:*

Nuestra experiencia sobre estudios de emisión fugitiva de biogás y análisis de eficiencia del sistema de extracción de biogás en vertederos, está acreditada a través de nuestros trabajos relacionados con el tema. Por lo tanto, tenemos la capacidad técnica y profesional para la realización de este tipo de servicios.

Randazzo A., M. Asensio-Ramos M., Melián G. V., Venturi S., Padrón E., Hernández P. A., Pérez N. M. and Tassi F. (2020). Volatile organic compounds (VOCs) in solid waste landfill cover soil: Chemical and isotopic composition vs. degradation processes. *Science of the Total Environment*, 726, 138326.

Padrón E., Asensio-Ramos M., Barrancos J., Hernández P.A., Pérez N.M. Proyecto VERTEGAS: estimación de la emisión difusa de metano a la atmósfera por vertederos en España. *FuturENVIRO*, julio 2018, 33-36.

Barrancos J., Briz S., Nolasco D., Melián G., Padilla G., Padrón E., Fernández I., Pérez N. M. and Hernández P. A. (2013). A new method for estimating greenhouse gases and ammonia emissions from livestock buildings. *Atmospheric Environment*, 74, 10-17.

Nolasco D., Lima N., Hernández P.A., and Pérez N.M. (2008). Non-controlled emission of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> to the atmosphere from Lazareto landfill, Tenerife, Canary Islands. *Environmental Science and Pollution Research*, 15, 1, 51-60.

Lima R.N., Nolasco D., Salazar J.M.L., Hernández P.A. Pérez, N.P. (2002). Dynamics of non-controlled emission of biogas from landfills. In *Waste Management and the Environment* (Eds.: Almorza D., Brebbia C.A., Sale D. and Popov V.), WITpress Southampton, Boston, 469-478.

## Estudios de exploración geotérmica en superficie mediante el uso y la aplicación de métodos geológicos, geofísicos y geoquímicos



El aprovechamiento de la energía geotérmica consiste en captar el calor almacenado bajo la superficie terrestre mediante perforaciones de acuíferos calientes - sistemas hidrotermales - o la inyección de agua fría a través de rocas calientes y secas. El agua caliente o el vapor así producido es extraído a la superficie para utilizarlo en aplicaciones térmicas o para producir electricidad en el caso de sistemas de altas temperaturas. La principal limitación de la energía geotérmica respecto a otras renovables es la configuración de la inversión, ya que se requiere un importante gasto en la fase de investigación inicial que es la fase de riesgo elevado. Como contrapartida los costes de producción y mantenimiento por megavatio generado por la energía geotérmica están entre los más bajos de todas las renovables. De aquí la importancia de desarrollar mecanismos que propicien la mitigación del riesgo en las fases iniciales.

El uso de las nuevas técnicas de prospección geoquímica y geofísica, conjunto con los estudios geológicos aplicados a zonas concretas, permiten actualmente una mejor definición de sistemas hidrotermales ocultos en el subsuelo. Los métodos geoquímicos incluyen por ejemplo la prospección geoquímica de gases y/o flujos en superficie, para la completa caracterización geoquímica e isotópica de la atmósfera del suelo. También cobran especial relevancia los estudios de las relaciones isotópicas  $^3\text{He}/^4\text{He}$  en fluidos geotérmicos. Los métodos geofísicos incluyen estudios de magnetotelúrica, geoelectrica, análisis de microsismicidad y tomografía sísmica, los cuales aportan información muy valiosa acerca de la forma, tamaño, profundidad y otras características de las estructuras geológicas profundas que podrían constituir un reservorio geotermal. Por último, los métodos geológicos incluyen estudios geo-estructurales, con el objetivo último de establecer la presencia de un sistema hidrotermal activo en profundidad.

*Responsable del Servicio:*

Dr. Nemesio M. Pérez Rodríguez

Teléfono: 922747700

Correo electrónico: nperez@iter.es

### *Formalización del servicio:*

La prestación del servicio se puede materializar siguiendo dos formatos posibles:

(1) mediante el pago del servicio prestado, cuyo coste será acordado entre las partes en función del número de medidas y parámetros a determinar en cada una de las muestras. Si los resultados obtenidos de la prestación del servicio se publican en revistas, capítulos de libros y congresos, ha de reflejarse en el apartado de agradecimientos de las publicaciones y presentaciones que el servicio ha sido prestado por el ITER. Los contratantes deben proporcionar una copia del artículo, capítulo de libro o abstract a la persona responsable del servicio.

(2) mediante un formato de colaboración científica entre las partes que promueva la participación de personal investigador del ITER para la publicación científica de los resultados obtenidos por el servicio prestado.

### *Experiencia:*

Nuestra experiencia en estudios de exploración geotérmica en superficie mediante el uso y la aplicación de métodos geológicos, geofísicos y geoquímicos está acreditada a través de algunos de nuestros trabajos que han sido publicados en revistas científicas internacionales del JCR. Por lo tanto, tenemos la capacidad técnica y profesional para la realización de este tipo de servicios.

Rodríguez F., Pérez N. M., Melián G. V., Padrón E., Hernández P. A., Asensio-Ramos M., Padilla G. D., Barrancos J. and D'Auria L. (2021). Exploration of deep-seated geothermal reservoirs in the Canary Islands by means of soil CO<sub>2</sub> degassing surveys. *Renewable Energy*, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.09.065>

Ledo J., García-Merino M., Larnier H., Ślęzak K., Piña-Varas P., Marcuello A., Queralt P., Pérez N. M., Schmincke H.-U. and Sumita M. (2021). 3D electrical resistivity of Gran Canaria island using magnetotelluric data. *Geothermics*, <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2020.101945>

Di Paolo F., Ledo J., Ślęzak K., Martínez van Dorth D., Cabrera Pérez I. and Pérez N. M. (2020). La Palma island (Spain) geothermal system revealed by 3D magnetotelluric data inversión. *Scientific Reports*, doi: 10.1038/s41598-020-75001-z

Rodríguez F., Pérez N. M., Padrón E., Melián G., Piña-Varas P., Dionis S., Barrancos J., Padilla G., Hernández P., Marrero R., Ledo J., Bellmunt F., Queralt P., Marcuello A. and Hidalgo R. (2015). Surface geochemical and geophysical studies for geothermal exploration at the Southern Volcanic Rift Zone of Tenerife, Canary Islands, Spain. *Geothermics*, 55, 195–206, doi:10.1016/j.geothermics.2015.02.007.

Amoroso O., Festa G., Bruno P. P., D'Auria L., De Landro G., Di Fiore V., Gammaldi S., Maraio S., Pilz M., Roux P., Russo G., Serlenga V., Serra M., Woith H. and Zollo A. (2017). Integrated tomographic methods for seismic imaging and monitoring of volcanic caldera structures and geothermal areas. *Journal of Applied Geophysics*, DOI: 10.1016/j.jappgeo.2017.11.012.

García-Yeguas A., Ledo J., Piña-Varas P., Prudencio J., Queralt P., Marcuello A., Ibañez J.M., Benjumea B., Sánchez-Alzola A. and Pérez N. M. (2017). A 3D joint interpretation of magnetotelluric and seismic tomographic models: The case of the volcanic island of Tenerife. *Computers and Geosciences*, 109, 95-105, DOI: 10.1016/j.cageo.2017.08.003.

Fridriksson T., Padrón E., Óskarssona F. and Pérez N. M. (2016). Application of diffuse gas flux measurements and soil gas analysis to geothermal exploration and environmental monitoring: Example from the Reykjanes geothermal field, SW Iceland. *Renewable Energy*, 86, 1295–1307, DOI:10.1016/j.renene.2015.09.034.

Rodríguez F., Pérez N. M., Padrón E., Melián G., Hernández P.A., Asensio-Ramos, Dionis S., López G., Marrero M.R., Padilla G., Barrancos J. and Hidalgo R. (2015). Diffuse helium and hydrogen degassing to reveal hidden geothermal resources in oceanic volcanic islands: The Canary archipelago case study. *Geophysics*. DOI: 10.1007/s10712-015-9320-8.

Magaña M. I., López D., Barrios L.A., Pérez N. M., Padrón E. and Henriquez E.(2004). Diffuse and convective degassing of soil gases and heat at the TR-6-Zapotillo hydrothermal discharge zone, Berlin Geothermal Field, El Salvador. *Geothermal Resources Council Transactions*, 28, 485-488.

López D., Padrón E., Magaña M. I., Gómez L., Barrios L.A., Pérez N. M. and Hernández P. A. (2004). Structural control on thermal anomalies and diffuse surficial degassing at Berlin Geothermal Field, El Salvador. *Geothermal Resources Council Transactions*, 28, 477-483.

Padrón E., López D.L., Magaña M.I., Marrero R., and Pérez N.M. (2003). Diffuse degassing and relation to structural flow paths at Ahuachapan Geothermal Field, El Salvador. *Geothermal Resources Council Transactions*, 27, 325-330.

## Estudios de radón en el interior de viviendas y lugares de trabajo.



El radón ( $^{222}\text{Rn}$ ) es un gas de origen natural que se produce a partir de la desintegración radiactiva natural del uranio ( $^{238}\text{U}$ ) que se encuentra presente de forma natural en los suelos y rocas. No tiene olor, color ni sabor. Este gas, no suele presentar niveles de concentración altos al aire libre pero tiende a acumularse en las viviendas y lugares de trabajo alcanzando concentraciones relativamente elevadas. Al aire libre, el radón se diluye rápidamente, tiene concentraciones muy bajas y no suele representar ningún problema. La concentración media de radón al aire libre varía de  $5 \text{ Bq/m}^3$  a  $15 \text{ Bq/m}^3$ . En cambio, en espacios cerrados, las concentraciones de radón son más elevadas, en especial en lugares como minas, cuevas y plantas de tratamiento de aguas, donde se registran los niveles más altos. En edificios (como viviendas, escuelas y oficinas), las concentraciones de radón varían  $<10 \text{ Bq/m}^3$  hasta más de  $10\,000 \text{ Bq/m}^3$ .

La desintegración del radón en el aire produce partículas radiactivas y al respirar e inhalar esas partículas, estas se depositan en las células que recubren las vías respiratorias, donde pueden dañar el ADN y provocar cáncer de pulmón. El radón es la segunda causa más importante de cáncer de pulmón después del tabaco. Se estima que la proporción de los casos de cáncer de pulmón a nivel nacional atribuibles al radón con respecto al total varía de un 3% a un 14%, en función de la concentración media nacional de radón y de la prevalencia de consumo de tabaco del país.

*Responsable del Servicio:*

Dr. Germán D. Padilla Hernández  
Teléfono: 922747700  
Correo electrónico: german@iter.es

### Formalización del servicio:

La prestación del servicio se puede materializar siguiendo dos formatos posibles:

- (1) mediante el pago del servicio prestado, cuyo coste será acordado entre las partes en función del número de medidas a realizar. Si los resultados obtenidos de la prestación del servicio se publican en revistas, capítulos de libros y congresos, ha de reflejarse en el apartado de agradecimientos de las publicaciones y presentaciones que el servicio ha sido prestado por el ITER. Los contratantes deben proporcionar una copia del artículo, capítulo de libro o abstract a la persona responsable del servicio.
- (2) mediante un formato de colaboración científica entre las partes que promueva la participación de personal investigador del ITER para la publicación científica de los resultados obtenidos por el servicio prestado.

### Experiencia:

Nuestra experiencia sobre medidas de gas radón, tanto en modo continuo como en modo discreto (no-continuo), está acreditada a través de algunos de nuestros trabajos relacionados con medidas de gas radón que han sido publicados en revistas científicas internacionales del JCR. Por lo tanto, tenemos la capacidad técnica y profesional para la realización de este tipo de servicios.

Padilla G., Hernández P.A., Padrón E., Barrancos J., Pérez N. M., Melián G., Nolasco D., Dionis S., Rodríguez F., Calvo D. and Hernández I. (2013). Soil gas radon emissions and volcanic activity at El Hierro (Canary Islands): The 2011-2012 submarine eruption. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, G3, DOI: 10.1029/2012GC004375.

Pérez N. M., Hernández P. A., Padrón E., Melián G., Marrero R., Padilla G., Barrancos J. and Nolasco D. (2007). Precursory subsurface  $^{222}\text{Rn}$  and  $^{220}\text{Rn}$  degassing signatures of the 2004 seismic crisis at Tenerife, Canary Islands. *Pure and Applied Geophysics*, 164, 2431-2448.

Hernández P.A., Pérez N.M., Salazar J.M.L., Reimer M. Notsu K. and Wakita H. (2004). Radon and helium soil gases at Cañadas caldera, Tenerife, Canary Islands, Spain. *Journal of Volcanology and Geothermal Resesearch*, 131, 59-76.

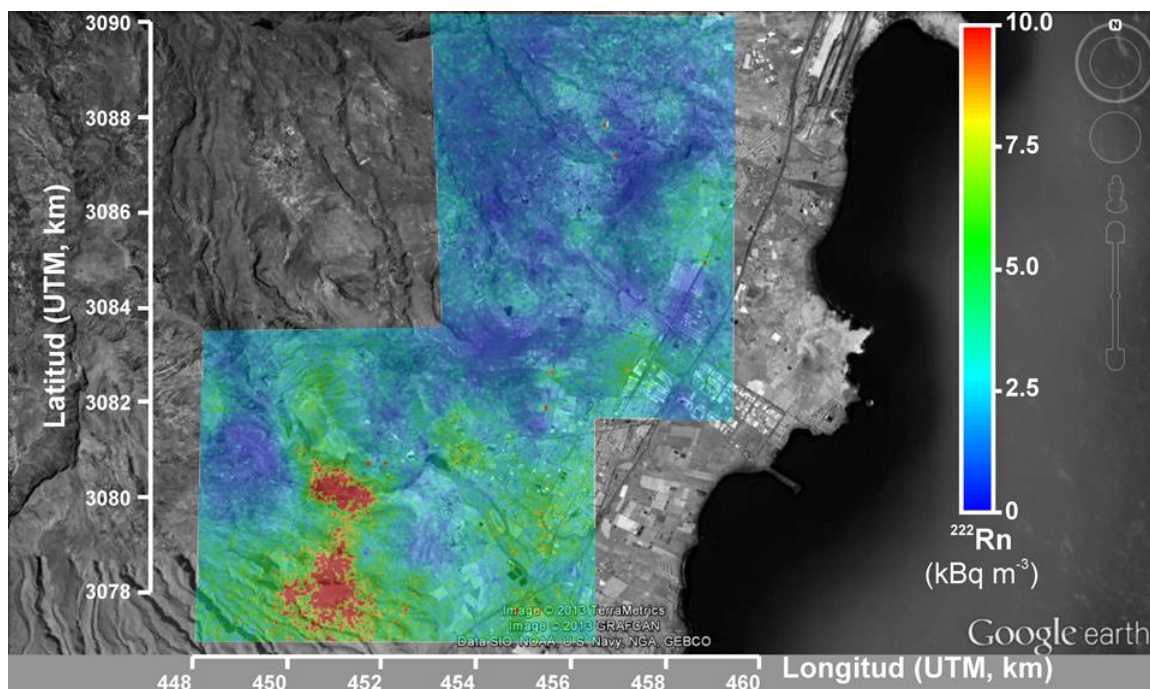
Pérez N.M., Salazar J.M.L., Hernández P.A., Soriano T., Lopez K., and Notsu K. (2004). Diffuse  $\text{CO}_2$  and  $^{222}\text{Rn}$  degassing from San Salvador volcano, El Salvador, Central America. *Bulletin Geological Society of America*, 375, 227-236.

Cartagena R., Olmos R., López D., Barahona F., Soriano T., Hernández P.A., and Pérez N.M. (2004). Diffuse degassing of carbon dioxide, radon and mercury at San Miguel volcano, El Salvador, Central America. *Bulletin Geological Society of America*, 375, 203-212.

Adicionalmente a estas publicaciones científicas desde la administración pública se nos solicitó en el 2012 realizar un estudio del radón en el interior de la Cueva del Viento. El seguimiento de la actividad del gas radón se realizó mediante el uso de dos espectrómetros alfa tipo electrostático que realizaban un registro de medidas horarias del gas radón en el interior de la cueva.

Informe "Seguimiento y medida de la actividad del gas Radón en el interior de la Cueva del Sobrado, Icod de Los Vinos, Tenerife, 2014, 84 pp"

## Estudios de emanación de gas radón en suelos urbanos



Las concentraciones de radón ( $^{222}\text{Rn}$ ) en una vivienda, o en un edificio en general, varían de manera sustancial con la situación geográfica. Dado el gran número de factores implicados, es muy difícil predecir si los niveles de este gas serán elevados en una vivienda concreta; en cambio, sí es posible hacer predicciones fiables sobre las zonas en las que hay mayor probabilidad de encontrar viviendas con concentraciones altas de radón.

Puesto que la principal fuente de radón en un edificio es, por lo general, el terreno sobre el que este se asienta, la concentración de radón en la fase gaseosa del suelo constituye un buen indicador. En particular, Suecia ha desarrollado mapas basados en la medida del denominado potencial geogénico de radón (que indica el nivel de riesgo de los edificios, estimado a partir de la concentración de  $^{222}\text{Rn}$  en el terreno a 1 m de profundidad). Los terrenos con valores inferiores a  $10 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$  se consideran de bajo riesgo; los que arrojan valores comprendidos entre 10 y  $50 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ , de riesgo intermedio; y los que tienen más de  $50 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ , de riesgo alto.. La baja permeabilidad del suelo puede rebajar en un nivel la categoría de riesgo asociada, mientras que lo opuesto ocurre con suelos muy permeables.

### *Responsable del Servicio:*

Dr. Pedro A. Hernández Pérez  
Teléfono: 922747700  
Correo electrónico: phdez@iter.es

### *Formalización del servicio:*

La prestación del servicio se puede materializar siguiendo dos formatos posibles:

(1) mediante el pago del servicio prestado, cuyo coste será acordado entre las partes en función del número de medidas y parámetros a determinar. Si los resultados obtenidos de la prestación del



servicio se publican en revistas, capítulos de libros y congresos, ha de reflejarse en el apartado de agradecimientos de las publicaciones y presentaciones que el servicio ha sido prestado por el ITER. Los contratantes deben proporcionar una copia del artículo, capítulo de libro o abstract a la persona responsable del servicio.

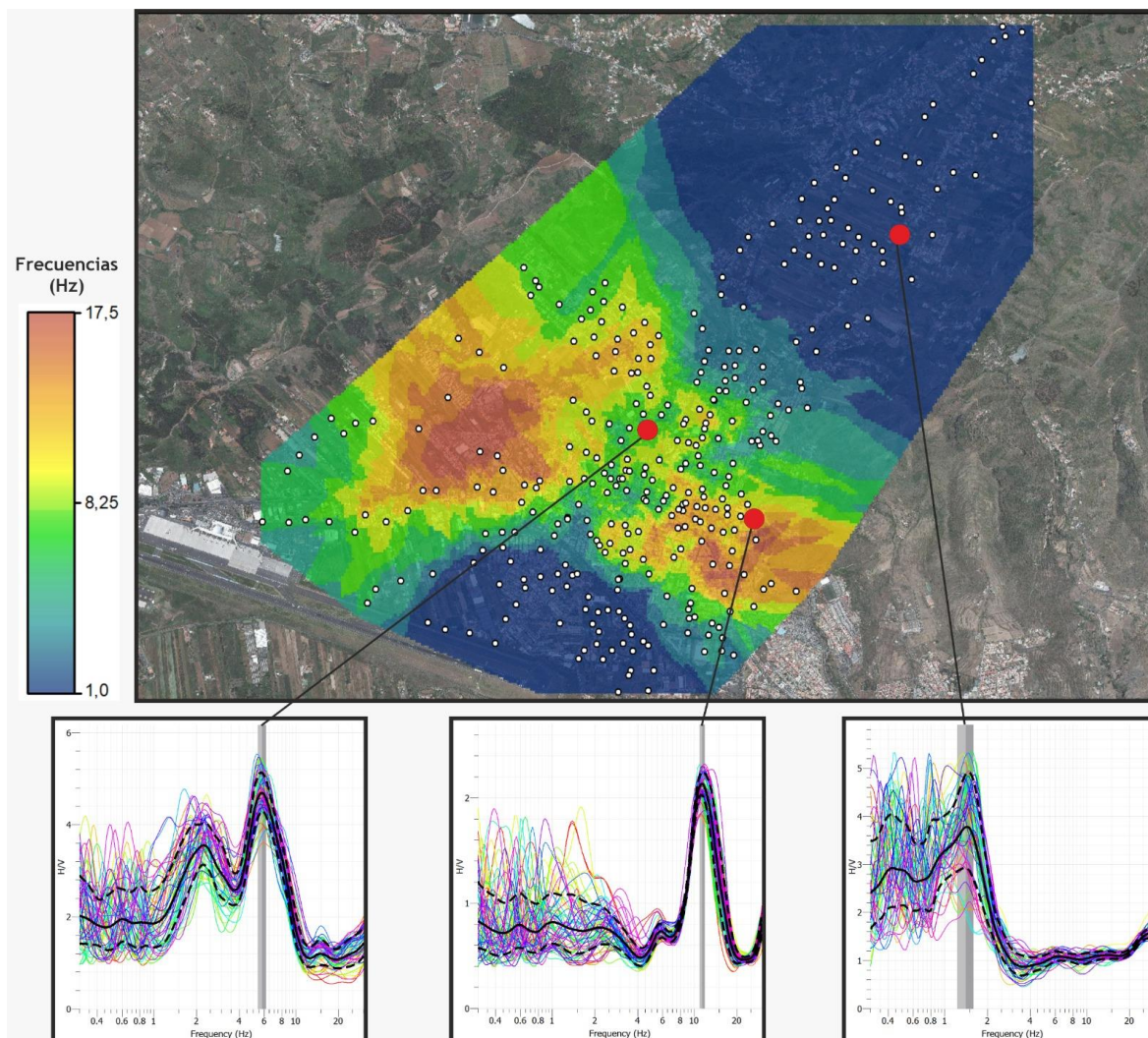
(2) mediante un formato de colaboración científica entre las partes que promueva la participación de personal investigador del ITER para la publicación científica de los resultados obtenidos por el servicio prestado.

*Experiencia:*

Nuestra experiencia sobre estudios de trazabilidad agroalimentaria, está acreditada a través de algunos de nuestros trabajos publicados en distintos congresos y revistas científicas internacionales del JCR.

G.V. Melián, N.M. Pérez, L. Sáez-Gabarrón, F. Rodríguez, P.A. Hernández, E. Padrón, M. Asensio-Ramos, J.A. Cid, P.A. Araujo, R. González Castro, and J. Pumar Tesouro (2020) Urban soil gas geochemistry to identify permeable zones and possible upflow of deep-seated gases at the city of Ourense, Galicia, Spain <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-19805>

## Estudios de microzonificación sísmica



En la valoración del riesgo sísmico los estudios finalizados a determinar la respuesta sísmica local, a través de microzonificación sísmica, juegan un papel fundamental. De hecho las estructuras geológicas superficiales pueden dar lugar a una amplificación de la sacudida sísmica relevante en términos de ambas amplitud y duración.

La realización de un mapa de microzonificación sísmica, conlleva diferentes tipos de estudios. Sin duda lo más relevante son los que conllevan la medición del ruido sísmico ambiental para determinar la amplificación sísmica y el perfil de velocidad de las ondas S en el subsuelo. Entre los métodos más utilizados para el análisis de la amplificación sísmica hay el ratio H/V (método de Nakamura). Dicho método permite de manera muy inmediata detectar la presencia de efectos de amplificación sísmica, determinar la entidad de dicha amplificación y determinar las frecuencias en las cuales la amplificación se produce. Además, a través de técnicas de inversión, el ratio H/V permite vincular el perfil de velocidad de ondas S en las primeras decenas de metros del subsuelo.

Nuestro equipo ha desarrollado una metodología que permite, a través de medidas efectuadas con mini antenas sísmicas de 3-5 elementos en vez de una estación singular, obtener resultados más detallados en el estudio de las estructuras geológicas superficiales. Dicha mejora es posible gracias al cálculo de curvas de dispersión de ondas de superficie, obtenidas a través de cross-correlación del

ruido sísmico entre parejas de estaciones. El análisis conjunta de los ratios H/V y de las curvas de dispersión permite vincular más estrictamente los perfiles de velocidad sísmica en profundidad.

*Responsable del Servicio:*

Dr. Luca D'Auria  
Teléfono: 922747700  
Correo electrónico: ldauria@iter.es

*Formalización del servicio:*

La prestación del servicio se puede materializar siguiendo dos formatos posibles:

(1) mediante el pago del servicio prestado, cuyo coste será acordado entre las partes en función del número de medidas a realizar. Si los resultados obtenidos de la prestación del servicio se publican en revistas, capítulos de libros y congresos, ha de reflejarse en el apartado de agradecimientos de las publicaciones y presentaciones que el servicio ha sido prestado por el ITER. Los contratantes deben proporcionar una copia del artículo, capítulo de libro o abstract a la persona responsable del servicio.

(2) mediante un formato de colaboración científica entre las partes que promueva la participación de personal investigador del ITER para la publicación científica de los resultados obtenidos por el servicio prestado.

*Experiencia:*

Nuestro equipo ha realizado, durante el verano de 2019, la primera campaña de microzonificación sísmica de alta resolución en Canarias, en el casco urbano de San Cristóbal de La Laguna y sus alrededores. La campaña consistió en 453 puntos de observación seleccionados con la medición en cada uno de 2 horas de ruido sísmico. El análisis de los datos ha permitido obtener un mapa de amplificación sísmica de la ciudad muy detallado, evidenciando la presencia de marcados efectos de amplificación con frecuencia diferente según la geología del subsuelo. En el verano de 2020, se ha realizado una campaña de detalle en las áreas urbanizadas del valle de La Orotava con más de 250 puntos de medidas.

Luca D'Auria, Marina Alfaro Rodríguez, Daniel Bermejo López, Jemma Crowther, Lucy Kennett, Iván Cabrera-Pérez, David Martínez van Dorth, and Jean Soubestre, Robust determination of S-wave velocity profiles by using mini-arrays. Abstract EGU2020-6835

Germán Cervigón Tomico, Diana Patricia Fernández del Campo, Efrén Fernández Agudo, Andres Felipe García Salamanca, Rory Tisdall, Iván Cabrera-Pérez, David Martínez van Dorth, Jean Soubestre, Garazi Bidaurrezaga Aguirre, Víctor Ortega Ramos, Luca D'Auria, and Nemesio M. Pérez. High resolution seismic microzonation of San Cristóbal de La Laguna (Tenerife, Spain). Abstract EGU2020-6835

## Estudios de tomografía sísmica



El estudio de las estructuras geológicas de la corteza a través de tomografía sísmica, además de su interés por fines científicos resulta beneficiosa para diferentes aplicaciones industriales: búsqueda de recursos naturales (geotérmicos, minerales, hídricos) y estudios previos a la realización de infraestructuras. En los últimos 15 años la tomografía de ruido sísmico se ha planteado como una técnica muy conveniente y barata para aplicaciones industriales debido al bajo coste de las campañas de medida.

Dicha técnica consiste en la medición del ruido sísmico a través de una red temporal, posiblemente en conjunto con una red permanente, por una duración variable entre pocos días hasta algunos meses, dependiendo de las dimensiones del área a investigar.

Nuestro equipo ha desarrollado una técnica de análisis innovadora denominada **MANgOSTA** (Multiscale Ambient NOiSe TomogrAphy) que ha demostrado proporcionar resultados de mejor calidad con respecto a los otros métodos comúnmente utilizados. Además ha sido desarrollada y utilizada también una técnica para el cálculo de la atenuación sísmica a través del uso de la correlación cruzada del ruido sísmico. Esta cantidad es de interés relevante en la detección y caracterización de reservorios geotérmicos.

*Responsable del Servicio:*

Dr. Luca D'Auria

Teléfono: 922747700

Correo electrónico: [ldauria@iter.es](mailto:ldauria@iter.es)

### *Formalización del servicio:*

La prestación del servicio se puede materializar siguiendo dos formatos posibles:

(1) mediante el pago del servicio prestado, cuyo coste será acordado entre las partes en función del número de medidas a realizar. Si los resultados obtenidos de la prestación del servicio se publican en revistas, capítulos de libros y congresos, ha de reflejarse en el apartado de agradecimientos de las publicaciones y presentaciones que el servicio ha sido prestado por el ITER. Los contratantes deben proporcionar una copia del artículo, capítulo de libro o abstract a la persona responsable del servicio.

(2) mediante un formato de colaboración científica entre las partes que promueva la participación de personal investigador del ITER para la publicación científica de los resultados obtenidos por el servicio prestado.

### *Experiencia:*

En los últimos años nuestro equipo ha realizado campañas de tomografía de ruido sísmico a diferentes escalas, desde pocos cientos metros hasta decenas de kilómetros, en las islas de Tenerife, La Palma y Gran Canaria con el objetivo de mejorar el conocimiento de la estructura de dichas islas y más en lo específico para la búsqueda de posibles recursos geotérmicos.

Pepe S., L. De Siena L., Barone A., Castaldo R., D'Auria L., Manzoa M., Casu F., Fedi M., Lanari R., Bianco F. and Tizzani P. (2019). Volcanic structures investigation through SAR and seismic interferometric methods: The 2011–2013 Campi Flegrei unrest episode. *Remote Sensing of Environment*, 234, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111440>

Gammaldi S., Amoroso O., D'Auria L. and Zollo A. (2018). High resolution, multi-2D seismic imaging of Solfatara crater (Campi Flegrei Caldera, southern Italy) from active seismic data. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 357, 177–185 <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2018.03.025>

Amoroso O., Festa G., Bruno P. P., D'Auria L., De Landro G., Di Fiore V., Gammaldi S., Maraio S., Pilz M., Roux P., Russo G., Serlenga V., Serra M., Woith H. and Zollo A. (2017). Integrated tomographic methods for seismic imaging and monitoring of volcanic caldera structures and geothermal areas. *Journal of Applied Geophysics*, <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2017.11.012>.

Zollo, A., Judenherc, S., Auger, E., D'Auria, L., Virieux, J., Capuano, P., ... and Musacchio, G. (2003). Evidence for the buried rim of Campi Flegrei caldera from 3-d active seismic imaging. *Geophysical Research Letters*, 30(19).

Zollo, A., D'Auria, L., De Matteis, R., Herrero, A., Virieux, J., and Gasparini, P. (2002). Bayesian estimation of 2-D P-velocity models from active seismic arrival time data: imaging of the shallow structure of Mt Vesuvius (Southern Italy). *Geophysical Journal International*, 151(2), 566-582.

## Estudios geofísicos



Una de las propiedades físicas de las rocas que tiene alta capacidad de discriminación es la resistividad eléctrica. La obtención de mapas de resistividad del subsuelo es por lo tanto de gran interés para diferentes aplicaciones relacionadas con la búsqueda de recursos naturales como los geotérmicos y mineros. El método más utilizado para este fin es la magnetotelúrica que, aprovechando del campo electromagnético de origen natural, permite obtener modelos tridimensionales detallados de la resistividad eléctrica del subsuelo hasta profundidades de una decena de kilómetros. Dicho método, sin embargo, sufre por una escasa resolución a baja profundidad (hasta unos pocos cientos de metros). Por otro lado, el método geoelectrico permite estudios muy detallados de la resistividad hasta profundidades de alrededor de un kilómetro. Por esta razón la integración de las dos técnicas constituye una herramienta de exploración geofísica aún más poderosa. Nuestro equipo posee ambos tipos de instrumentación y por lo tanto tiene capacidad de realizar estudios de resistividad detallados desde profundidades de pocas decenas de metros hasta una decena de kilómetros.

Otro parámetro de interés en la exploración de recursos geotérmicos e hídricos es el potencial espontáneo (SP). La misma instrumentación que se utiliza para el método geoelectrico se puede utilizar también para mediciones de SP. Finalmente, nuestro equipo posee un magnetómetro de alta precisión que permite realizar mapas de magnetización del subsuelo, para la detección y la caracterización de estructuras geológicas de interés.

*Responsable del Servicio:*

Dr. Luca D'Auria

Teléfono: 922747700

Correo electrónico: [ldauria@iter.es](mailto:ldauria@iter.es)

### *Formalización del servicio:*

La prestación del servicio se puede materializar siguiendo dos formatos posibles:

- (1) mediante el pago del servicio prestado, cuyo coste será acordado entre las partes en función del número de medidas a realizar. Si los resultados obtenidos de la prestación del servicio se publican en revistas, capítulos de libros y congresos, ha de reflejarse en el apartado de agradecimientos de las publicaciones y presentaciones que el servicio ha sido prestado por el ITER. Los contratantes deben proporcionar una copia del artículo, capítulo de libro o abstract a la persona responsable del servicio.
- (2) mediante un formato de colaboración científica entre las partes que promueva la participación de personal investigador del ITER para la publicación científica de los resultados obtenidos por el servicio prestado.

### *Experiencia:*

El ITER ha realizado estudios de resistividad eléctrica en las islas de Tenerife, La Palma, Gran Canaria y Lanzarote así como en otros sitios en España y en el extranjero. Dichos estudios estuvieron finalizados principalmente a la búsqueda de recursos geotérmicos, pero han permitido obtener informaciones de relevancia más general sobre sus estructuras geológicas también.

Siniscalchi, A., Tripaldi, S., Romano, G., Chiodini, G., Improta, L., Petrillo, Z., D'Auria, L., Caliro, S., and Avino, R. (2019). Reservoir structure and hydraulic properties of the Campi Flegrei geothermal system inferred by audiomagnetotelluric, geochemical, and seismicity study. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 124(6), 5336-5356.

Carbonari R., Di Maio R., Piegari E., D'Auria L., Esposito A., and Petrillo Z. (2018). Filtering of noisy magnetotelluric signals by SOM neural networks. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2018.10.004>

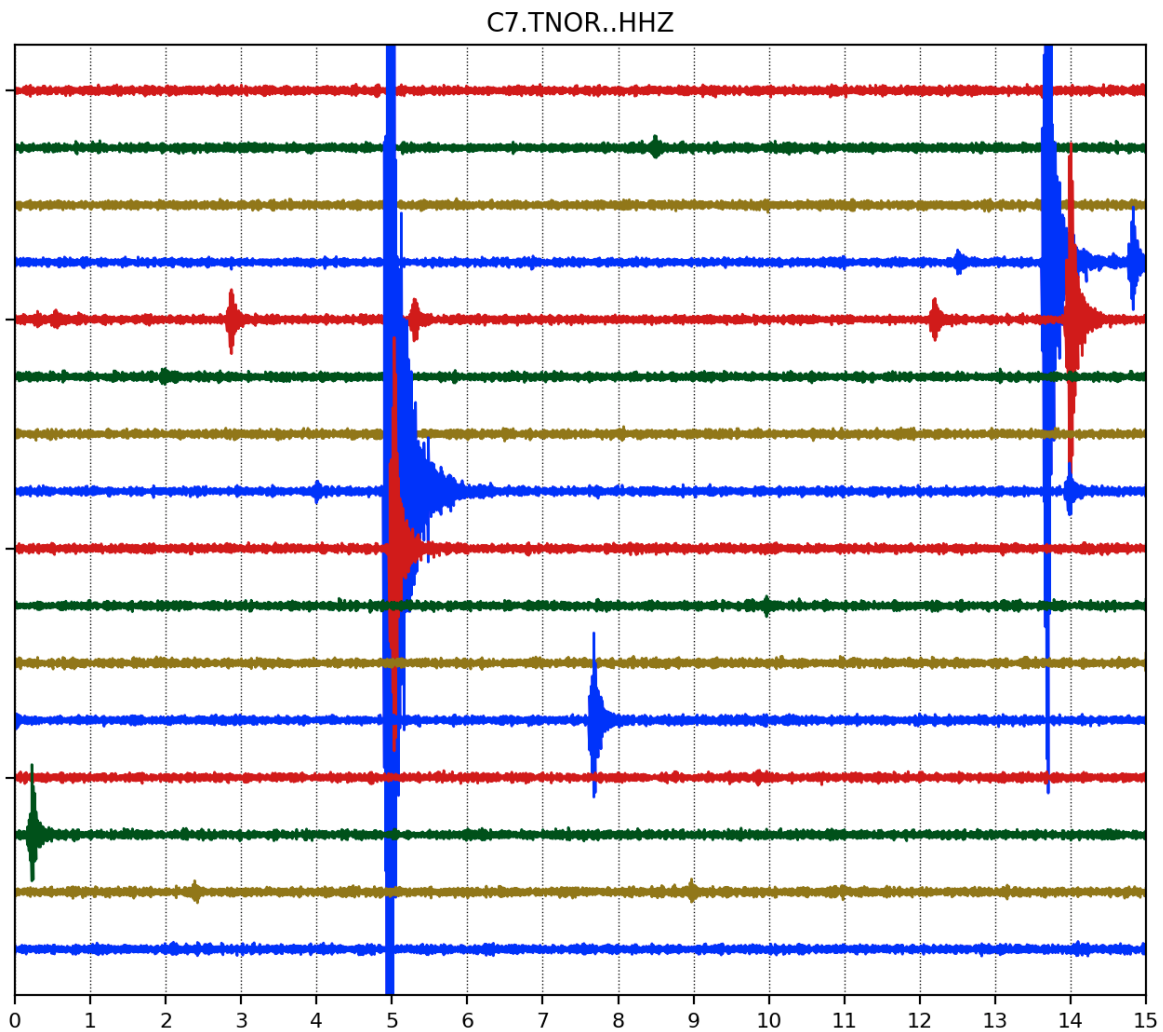
Piña-Varas P., Ledo J., Queralt P., Marcuello A. and Perez N. M. (2018). On the detectability of Teide volcano magma chambers (Tenerife, Canary Islands) with magnetotelluric data. *Earth, Planets and Space* 70:14, <https://doi.org/10.1186/s40623-018-0783-y>

García-Yeguas A., Ledo J., Piña-Varas, P., Prudencio J., Queralt P., Marcuello A., Ibañez J.M., Benjumea B., Sánchez-Alzola A. and Pérez N. M. (2017). A 3D joint interpretation of magnetotelluric and seismic tomographic models: The case of the volcanic island of Tenerife. *Computers and Geosciences*, 109, 95-105, DOI: 10.1016/j.cageo.2017.08.003

Carbonari, R., D'Auria, L., Di Maio, R., and Petrillo, Z. (2017). Denoising of magnetotelluric signals by polarization analysis in the discrete wavelet domain. *Computers and Geosciences*, 100, 135-141.

Piña-Varas P., Ledo J., Queralt P., Marcuello A., Bellmunt F., Ogaya X., Pérez N. M. , and Rodríguez-Losada J.A. (2015). Vertical collapse origin of Las Cañadas caldera (Tenerife, Canary Islands) revealed by 3-D magnetotelluric inversion (2015). *Geophysical Research Letters*, 42(6), 1710–1716, DOI:10.1002/2015GL063042.

## Monitorización y estudio de microsismicidad industrial



El estudio de la microsismicidad es de interés para diferentes aplicaciones industriales. Primero la monitorización de la sismicidad inducida en sitios de explotación industrial (geotérmica, hídrica, minera) tiene relevancia para la mitigación del posible riesgo sísmico asociado a dicha actividad. De hecho el seguimiento en tiempo real de la microsismicidad permite interrumpir algunas actividades que puedan dar lugar a eventos sísmicos inducidos de magnitud demasiado alta.

Por otro lado, el estudio estadístico de la microsismicidad es una fuente de información relevante sobre procesos y estructuras geológicas del subsuelo. En lo específico, a menudo la microsismicidad está relacionada con la presencia de fluidos geotermales y por lo tanto constituye una herramienta de diagnóstico muy poderosa en la exploración geotérmica. Nuestro equipo tiene capacidad de realizar análisis de:

- Detección de microterremotos a través de métodos semi-automáticos. En lo específico nuestro equipo ha desarrollado dos métodos innovadores. El primero, basado en la resta espectral, permite detectar automáticamente señales de terremotos pequeños. El segundo, basado en el cálculo de la covarianza de red, permite también detectar eventos de tipo diferente (eventos de largo periodo, explosiones, deslizamientos).



- Localizaciones hipocentrales de alta resolución a través de algoritmos absolutos (NonLinLoc) y relativos (HypoDD).
- Determinación de mecanismos focales
- Estimación del campo de esfuerzos a través del análisis de los mecanismos
- Análisis de la caída de esfuerzo (stress drop) para microterremotos
- Análisis de la distribución espacial y temporal de los parámetros de la ley de Gutenberg-Richter. En lo específico nuestro equipo ha desarrollado un método innovador denominado MUST-B (MULTiscale Spatial and Temporal estimation of the B-value) que permite obtener resultados de calidad superior a los métodos convencionales,

*Responsable del Servicio:*

Dr. Luca D'Auria  
 Teléfono: 922747700  
 Correo electrónico: ldauria@iter.es

*Formalización del servicio:*

La prestación del servicio se puede materializar siguiendo dos formatos posibles:

(1) mediante el pago del servicio prestado, cuyo coste será acordado entre las partes en función del número de medidas a realizar. Si los resultados obtenidos de la prestación del servicio se publican en revistas, capítulos de libros y congresos, ha de reflejarse en el apartado de agradecimientos de las publicaciones y presentaciones que el servicio ha sido prestado por el ITER. Los contratantes deben proporcionar una copia del artículo, capítulo de libro o abstract a la persona responsable del servicio.

(2) mediante un formato de colaboración científica entre las partes que promueva la participación de personal investigador del ITER para la publicación científica de los resultados obtenidos por el servicio prestado.

*Experiencia:*

A lo largo de los últimos años, nuestro equipo ha desarrollado experiencia en la monitorización y análisis de la microsismicidad relacionada con sistemas volcánicos y geotérmicos en varios países, utilizando ambas redes permanentes y temporales.

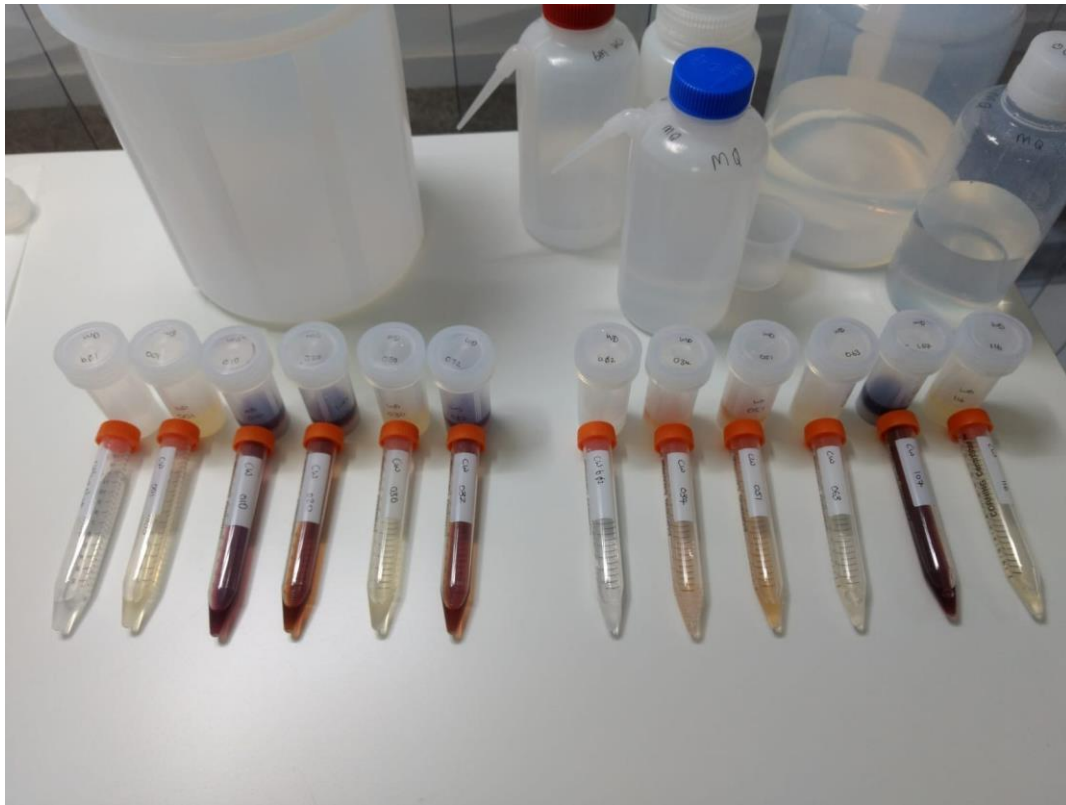
D'Auria L., Barrancos J., Padilla G. D., Pérez N. M., Hernández P.A., Melián G., Padrón E., Asensio-Ramos M. and García-Hernández R. (2019). The 2016 Tenerife (Canary Islands) long-period seismic swarm. *Journal Geophysical Research*, <https://doi.org/10.1029/2019JB017871>

Soubestre J. , Seydoux L. , Shapiro N. M. , de Rosny J., Droznin D. V., S. Droznina S. Ya., Senyukov S. L. and Gordeev E. I. (2019). Depth Migration of Seismovolcanic Tremor Sources Below the Klyuchevskoy Volcanic Group (Kamchatka) Determined From a Network-Based Analysis. *Geophysical Research Letters*, <https://doi.org/10.1029/2019GL083465>

García-Hernández R., D'Auria L., Barrancos J. and Padilla G. D. (2018). On the functional expression of frequency magnitude distributions: a comprehensive statistical examination. *Bulletin of the Seismological Society of America*, <https://doi.org/10.1785/0120180197>

- Castaldo R., D'Auria L., Pepe S., Solaro G., De Novellis V. and Tizzani P. (2018) The impact of crustal rheology on natural seismicity: Campi Flegrei caldera case study. *Geoscience Frontiers*, <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2018.02.003>
- D'Auria L., Giudicepietro F., Anna Tramelli, Patrizia Ricciolino, Domenico Lo Bascio, Massimo Orazi, Marcello Martini, Rosario Peluso, Giovanni Scarpato, Antonietta Esposito (2018). The seismicity of Ischia island. *Seismological Research Letters* 89 (5), 1750-1760, <https://doi.org/10.1785/0220180084>
- Chiodini, G., Selva, J., Del Pezzo, E., Marsan, D., De Siena, L., D'Auria, L., .. and Petrillo, Z. (2017). Clues on the origin of post-2000 earthquakes at Campi Flegrei caldera (Italy). *Scientific Reports*, 7, 4772, DOI:10.1038/s41598-017-04845-9.
- Massa, B., D'Auria, L., Cristiano, E., and De Matteo, A. (2016). Determining the stress field in active volcanoes using focal mechanisms. *Frontiers in Earth Science*, 4, 103.
- D'Auria, L., Massa, B., Cristiano, E., Del Gaudio, C., Giudicepietro, F., Ricciardi, G., and Ricco, C. (2015). Retrieving the stress field within the Campi Flegrei caldera (Southern Italy) through an integrated geodetical and seismological approach. *Pure and Applied Geophysics*, 172(11), 3247-3263.
- D'Auria, L., Massa, B., and Matteo, A. D. (2014). The stress field beneath a quiescent stratovolcano: The case of Mount Vesuvius. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 119(2), 1181-1199.
- D'Auria, L., Esposito, A. M., Bascio, D. L., Ricciolino, P., Giudicepietro, F., Martini, M., ... and Scarpato, G. (2013). The recent seismicity of Mt. Vesuvius: inference on seismogenic processes. *Annals of Geophysics*, 56(4), 0442.
- D'Auria, L., Giudicepietro, F., Aquino, I., Borriello, G., Del Gaudio, C., Lo Bascio, D., Martini, G., Ricciardi, P., Ricciolino, P., and Ricco, C. (2011). Repeated fluid-transfer episodes as a mechanism for the recent dynamics of Campi Flegrei caldera (1989–2010). *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 116(B4).

## Estudios de trazabilidad agroalimentaria



En la actualidad, la preocupación por la seguridad alimentaria y el medio ambiente es un aspecto prioritario para las sociedades avanzadas, que han de acelerar una transición tecnológica que promueva una economía sostenible y permita enfrentarse a los retos medioambientales, económicos y sociales relacionados con: (a) la producción y gestión sostenible de la agricultura, la ganadería, la acuicultura, los recursos forestales y la pesca, la cadena agroalimentaria y su trazabilidad, la protección de los cultivos agrícolas y forestal, la sanidad y el bienestar animal, la producción y transformación de biomásas y la mitigación y adaptación al cambio climático; (b) la demanda creciente de alimentos más saludables, seguros y de mayor calidad y de bioproductos de uso no alimentario y energético. El establecimiento de sistemas de trazabilidad interna o de procesos más exigentes que los definidos por el marco legislativo de higiene alimentaria o de calidad agroalimentaria y adaptados a la dimensión y estructura de cada organización, se considera como una herramienta clave para la optimización de los procesos de gestión de las empresas y, por tanto, del incremento en competitividad de estas empresas ligadas a la industria agroalimentaria. La implantación de este tipo de sistemas es interpretada, al mismo tiempo, por parte del sector de la distribución y por los propios consumidores como una garantía de autocontrol del proceso productivo llevado a cabo por las empresas, resultando al mismo tiempo una mejora en la imagen de las marcas.

Nuestro grupo utiliza la sistemática de isótopos de estroncio ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) debido a que es una herramienta útil y eficaz para la determinación del origen, trazabilidad y autenticidad de los productos agroalimentarios. Dos son los principios básicos que indican el potencial de esta herramienta para esta finalidad: (1) la existencia de una firma isotópica de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  característica para el medio natural geológico, y (2) la inexistencia de un proceso de fraccionamiento isotópico del estroncio asociado a mecanismos físicos, químicos, y biológicos que gobiernan la movilidad del estroncio (Sr) y sus respectivos isótopos ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) en el medio natural.

*Responsable del Servicio:*

Dra. Beverley Coldwell

Teléfono: 922747700

Correo electrónico: [bcoldwell@iter.es](mailto:bcoldwell@iter.es)

*Formalización del servicio:*

La prestación del servicio se puede materializar siguiendo dos formatos posibles:

(1) mediante el pago del servicio prestado, cuyo coste será acordado entre las partes en función del número de muestras y parámetros a determinar en cada una de las muestras. Si los resultados obtenidos de la prestación del servicio se publican en revistas, capítulos de libros y congresos, ha de reflejarse en el apartado de agradecimientos de las publicaciones y presentaciones que el servicio ha sido prestado por el ITER. Los contratantes deben proporcionar una copia del artículo, capítulo de libro o abstract a la persona responsable del servicio.

(2) mediante un formato de colaboración científica entre las partes que promueva la participación de personal investigador del ITER para la publicación científica de los resultados obtenidos por el servicio prestado.

*Experiencia:*

Nuestra experiencia sobre estudios de trazabilidad agroalimentaria, está acreditada a través de algunos de nuestros trabajos publicados en distintos congresos y revistas científicas internacionales del JCR.

Coldwell, B., Pankhurst, M., Cordero, M., Ribeiro, S., Santos, J.F., Padrón, E., Asensio-Ramos, M., and Pérez, N.M., (2021). Sr isotope systematics of Tenerife wines (Canary Islands). In prep, for: Journal of Agricultural and Food Chemistry.

Coldwell, B., Pankhurst, M., Ribeiro, S., Santos, J.F., Padrón, E., Asensio-Ramos, M., and Pérez, N.M. (2019), Contributions to the radiogenic isotopic fingerprint of Tenerife wine from land, sea and air. Geophysical Research Abstracts Vol. 21, EGU2019-14685, 2019 EGU General Assembly 2019.

Coldwell, B., Pankhurst, M., Cordero, M., Ribeiro, S., Santos, J.F., Padron, E., Asensio-Ramos, M. and Perez, N.M. (2019). Contributions to the Isotopic Fingerprint of Tenerife Wine – Natural or Anthropogenic? Goldschmidt Abstracts, 646.

## Análisis químico e isotópico de muestras antropológicas



El estudio de la dieta en poblaciones antiguas se puede realizar a través del análisis de la composición isotópica de carbono y nitrógeno en el colágeno de hueso o diente. El carbono del colágeno en animales se sintetiza a partir de las proteínas, y representa principalmente los macronutrientes en la dieta de los que derivan dichas proteínas. Permite también distinguir diferentes “recorridos” fotosintéticos de las plantas, presentando una huella de  $^{13}\text{C}$  más negativa las plantas de tipo C3, y más enriquecida o “menos negativa” C4. Por otro lado, el estudio de la composición isotópica del nitrógeno permite establecer relaciones tróficas entre la proteína consumida y el consumidor, ya que el segundo tiene un ratio isotópico mayor que el primero. Además, permite establecer una diferencia clara entre dietas centradas en consumo de proteínas de origen terrestre, y dietas con proteínas de origen animal. Adicionalmente, la geoquímica del Sr, a través de relación  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , permite obtener información sobre el origen y los procesos que han afectado y condicionado las paleodietas. El Sr en los huesos y dientes puede ayudar a identificar la dieta del ser vivo y las migraciones. En este sentido, el Laboratorio de Geoquímica Isotópica dispone de la instrumentación, los recursos humanos y la experiencia necesarios para la realización de este tipo de análisis.

### *Responsable del Servicio:*

Dr. Eleazar Padrón González  
Teléfono: 922747700  
Correo electrónico: [eleazar@iter.es](mailto:eleazar@iter.es)

### *Formalización del servicio:*

La prestación del servicio se puede materializar siguiendo dos formatos posibles:

(1) mediante el pago del servicio prestado, cuyo coste será acordado entre las partes en función del número de muestras y parámetros a determinar en cada una de las muestras. Si los resultados

obtenidos de la prestación del servicio se publican en revistas, capítulos de libros y congresos, ha de reflejarse en el apartado de agradecimientos de las publicaciones y presentaciones que el servicio ha sido prestado por el ITER. Los contratantes deben proporcionar una copia del artículo, capítulo de libro o abstract a la persona responsable del servicio.

(2) mediante un formato de colaboración científica entre las partes que promueva la participación de personal investigador del ITER para la publicación científica de los resultados obtenidos por el servicio prestado.

*Experiencia:*

Nuestra experiencia en el análisis químico e isotópico de muestras antropológicas está acreditada a través del trabajo publicado en la revista científica internacional del JCR.

Sánchez-Cañadillas, E., Carballo, J., Padrón, E., Hernández Marrero, J.C., Melián, G.V., Navarro Mederos, J.F., Pérez, N.M., and Arnay-de-la-Rosa, M., (2021) Dietary changes during the aboriginal period of La Gomera using stable isotope analysis and radiocarbon dating. *Journal of Physical Anthropology*. DOI: 10.1002/ajpa.24220

## Estudios de niveles de inmisión de contaminantes atmosféricos (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub> y partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>)



Monitorización de los niveles de inmisión de contaminantes atmosféricos en la ubicación y periodo deseado. Esta unidad, vehículo-camión ECOCAR, permite el estudio de la evolución de la concentración de contaminantes con fines destinados a: la investigación, actividades de difusión y concienciación dirigidas a la comunidad aportando datos sobre la calidad en la que viven habitualmente.

El ECOCAR tiene unas dimensiones de 5.7 metros de largo, 2.2 m de ancho y 3.3 m de alto, con un consumo eléctrico de 5 kW para mantener todos los analizadores, sensores y aire acondicionado del interior. Esta unidad móvil se ha instalado en diversos ambientes entre los que cabe resaltar: interior de túneles con tráfico denso, proximidad entre núcleos industriales y poblacionales, programa educativo de concienciación entre la comunidad educativa.

### *Responsable del Servicio:*

Dr. José Barrancos Martínez

Teléfono: 922747700

Correo electrónico: [jbarrancos@iter.es](mailto:jbarrancos@iter.es)

### *Formalización del servicio:*

La prestación del servicio se puede materializar siguiendo dos formatos posibles:

(1) mediante el pago del servicio prestado, cuyo coste será acordado entre las partes en función del número de medidas a realizar. Si los resultados obtenidos de la prestación del servicio se publican en revistas, capítulos de libros y congresos, ha de reflejarse en el apartado de agradecimientos de las

publicaciones y presentaciones que el servicio ha sido prestado por el ITER. Los contratantes deben proporcionar una copia del artículo, capítulo de libro o abstract a la persona responsable del servicio.

(2) mediante un formato de colaboración científica entre las partes que promueva la participación de personal investigador del ITER para la publicación científica de los resultados obtenidos por el servicio prestado.

#### Experiencia:

Nuestra experiencia sobre la monitorización de los niveles de inmisión se fundamenta en los estudios realizados tanto en el túnel de la Avda. Tres de Mayo (Sta. Cruz de Tenerife), Polígono Industrial de Granadilla (debido al complejo de su Planta Termoeléctrica), así como en los Centros Educativos de todos los municipios de Tenerife. Referido a este último estudio, intenso y dilatado en el tiempo, durante los últimos 3 años la unidad móvil ha estado instalada en uno de los centros educativos de educación secundaria, de cada municipio de la Isla de Tenerife, registrando los niveles de inmisión al que estaban expuestos la comunidad educativa y profesores. Tras la semana de monitorización, se realizaba una exposición sobre Cambio Climático y contaminación atmosférica. Tenemos el feedback, tanto del alumnado como de los propios profesores, del gran éxito y entusiasmo con el que ha sido recibido este proyecto.



**Estudios de niveles de emisión de contaminantes atmosféricos (SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>) procedentes de focos industriales mediante el uso de sensores ópticos remotos.**



Monitorización de los niveles de emisión de contaminantes atmosféricos (SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>) procedente de focos puntuales, asociados tanto al origen antropogénico (Centrales Termoelectricas, Refinerías) como naturales (Volcanes, Incendios). Cuando se precisa estudiar ambos componentes simultáneamente (SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>), por duplicado, se hará necesario el uso de un vehículo de grandes dimensiones para el transporte de la instrumentación, la entidad dispone de Renault Máster dedicada al uso de COSPEC+miniDOAS. En el caso de no ser necesario hacer las medidas por duplicado, basta con los dos espectrómetros digitales (miniDOAS), hay uno para cada contaminante 1xSO<sub>2</sub> y 1xNO<sub>2</sub>, estos implican una logística menos compleja, caben en una mochila con los telescopios hacia el exterior del vehículo, por lo que las medidas se pueden realizar con cualquier vehículo.

Además de estos sensores ópticos remotos (COSPEC y miniDOAS), se va registrando instantáneamente la posición por GPS, que junto con la velocidad del viento del lugar (obtenida por una estación meteorológica auxiliar), permiten obtener la tasa de emisión de sendos contaminantes.

*Responsable del Servicio:*

Dr. José Barrancos Martínez

Teléfono: 922747700

Correo electrónico: [jbarrancos@iter.es](mailto:jbarrancos@iter.es)

### Formalización del servicio:

La prestación del servicio se puede materializar siguiendo dos formatos posibles:

- (1) mediante el pago del servicio prestado, cuyo coste será acordado entre las partes en función del número de medidas a realizar. Si los resultados obtenidos de la prestación del servicio se publican en revistas, capítulos de libros y congresos, ha de reflejarse en el apartado de agradecimientos de las publicaciones y presentaciones que el servicio ha sido prestado por el ITER. Los contratantes deben proporcionar una copia del artículo, capítulo de libro o abstract a la persona responsable del servicio.
- (2) mediante un formato de colaboración científica entre las partes que promueva la participación de personal investigador del ITER para la publicación científica de los resultados obtenidos por el servicio prestado.

### Experiencia:

Nuestra experiencia sobre la monitorización de los niveles de emisión se fundamenta en los estudios realizados durante más de 15 años monitorizando en campañas, no en continuo, procedentes tanto por la Central Termoeléctrica de Granadilla con la de Caletillas, además de la Refinería de Santa Cruz. Además, se han hecho mini campañas de estimación de las emisiones de SO<sub>2</sub> por parte del tráfico de cruceros en el Puerto de Santa Cruz de Tenerife. Estos estudios referidos, han sido una actividad capital en el Proyecto "TENAIR - DETECCIÓN, SEGUIMIENTO Y MEDIDA DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DE ORIGEN ANTRÓPICO EN LA ISLA DE TENERIFE", durante algunos años financiado por el Excmo. Cabildo Insular de Tenerife.

También, el Departamento de Calidad Ambiental de ITER ha sido socio de otros proyectos, como TRANSREG (<http://www.ceam.es/transreg/>) en los que se han monitorizado las emisiones de grandes complejos Industriales como la Central Termoeléctrica de Andorra (Teruel), así como Valencia, Sagunto.

Además, estos sensores ópticos remotos, y metodología se han aplicado durante la ejecución de proyectos, financiados mayormente por la AECID y Excmo. Cabildo Insular de Tenerife, para la monitorización de gases volcánicos. Principalmente se han llevado a cabo en volcanes de Centro América, pero también en Italia y Filipinas.

Nuestra experiencia en el estudio de los niveles de emisión de SO<sub>2</sub> está acreditada a través de varios trabajos publicados en revistas científicas internacionales del JCR.

Barrancos J., Roselló J. I., Calvo D., Padrón E., Melián G., Hernández P. A., Pérez N. M., Millán M. M., and Galle B. (2008). SO<sub>2</sub> emission from seven active volcanoes measured simultaneously by COSPEC and mini-DOAS. *Pure and Applied Geophysics*, 165, 115-133

Olmos R., Barrancos J., Rivera C., Barahona F., López D. L., Henriquez B., Hernández A., Benitez E., Hernández P. A., Pérez N. M. and Galle B. (2007). Anomalous emissions of SO<sub>2</sub> during the recent eruption of Santa Ana Volcano, El Salvador, Central America. *Pure and Applied Geophysics*, 164, 2489-2506.

Briz S., Barrancos J., Santana G., Pérez N.M., Hernández P. A. & Strauch W. (2010). Emisión de H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S y HCl por el volcán Masaya, Nicaragua, América Central. En: *Aportaciones Recientes en Volcanología 2005-2008* (Editores: González Cárdenas E., Escobar Lahoz E., Becerra Ramirez R., Gosálvez Rey R. U., Dóniz Páez J.); ISBN: 978-84-614-1025-5; Centros de Estudios Calatravos, Almagro, Ciudad Real, 287-290

## Estudios de niveles de inmisión de contaminantes atmosféricos mediante el uso de sensores ópticos remotos.



Estos estudios están focalizados en la monitorización de los niveles de concentración, de un contaminante atmosférico ( $H_2S$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $NH_3$ ,  $HF$ ,  $HCl$ ,  $SO_2$ ) en lugar, ambiente, deseado. Nuestra experiencia en su uso y estudios ejecutados se centran en aquellas fuentes de origen natural, volcánico. También se han realizado estudios de emisiones de  $CH_4$  y  $NH_3$  por parte del ganado vacuno en Tenerife. Como se dijo anteriormente, ambos instrumentos disponibles para este tipo de estudios operan en el Infrarrojo.

*Responsable del Servicio:*

Dr. José Barrancos Martínez

Teléfono: 922747700

Correo electrónico: [jbarrancos@iter.es](mailto:jbarrancos@iter.es)

#### *Formalización del servicio:*

La prestación del servicio se puede materializar siguiendo dos formatos posibles:

(1) mediante el pago del servicio prestado, cuyo coste será acordado entre las partes en función del número de muestras y parámetros a determinar en cada una de las muestras. Si los resultados obtenidos de la prestación del servicio se publican en revistas, capítulos de libros y congresos, ha de reflejarse en el apartado de agradecimientos de las publicaciones y presentaciones que el servicio ha sido prestado por el ITER. Los contratantes deben proporcionar una copia del artículo, capítulo de libro o abstract a la persona responsable del servicio.

(2) mediante un formato de colaboración científica entre las partes que promueva la participación de personal investigador del ITER para la publicación científica de los resultados obtenidos por el servicio prestado.

#### *Experiencia:*

Nuestra experiencia en el estudio de los niveles de inmisión está acreditada a través de varios trabajos publicados en revistas científicas internacionales del JCR.

Barrancos J., Briz S., Nolasco D., Melián G., Padilla G., Padrón E., Fernández I., Pérez N. M. and Hernández P. A. (2013). A new method for estimating greenhouse gases and ammonia emissions from livestock buildings. *Atmospheric Environment*, 74, 10-17

Carapezza, M. L.; Barberi, F.; Tarchini, L; Ranaldi, M.; Ricci, T., Barrancos, J.; Fischer, C.; Lucchetti, C.; Melian, G.; Pérez, N. M; Tuccimei, P.; Vogel, A.; Weber, K (2012). Hazardous gas emissions from the flanks of the quiescent Colli Albani volcano (Rome, Italy). *Applied Geochemistry*, v. 27, n. 9, 1767-1782