### Visita de técnicos vascos a la Estación Experimental de Rothamsted v al ADAS de Cambridge

# INVESTIGACION Y ASISTENCIA TECNICA AGRARIA EN EL REINO UNIDO

Joan zen otsailean, Gipuzkoako Foru Diputazioarena den Fraisoroko Nekazarien Laborategiko ordezkariak eta Donostiako Kimika Fakultatekoak Cambridgen izan ziren bisitan, Rothamstedeko Estazio Esperimentalean eta ADAS-aren (Nekazaritza Ministeritza) Eskualdeko Zentruan.

Situada en Harpenden, a 41 kilómetros al norte de Londres, la Estación Experimental de Rothamsted está considerada como el centro de investigación agraria de mayor tradición del mundo y uno de los más extensos (330 hectáreas). En él trabajan cerca de 500 personas.

Desde sus orígenes, Rothamsted se ha especializado en los estudios de fertilidad de suelos y aspectos nutricionales de los cultivos; principalmente arables. En 1986 pasó a constituir, conjuntamente con la Estación de Investigación de Long Ashton y la Estación de Broom's Barn, el Instituto de Investigación de Cultivos Arables (AFRC).

Rothamsted se halla estructurada en tres secciones: defensa de cultivos y medio ambiente, biomatemáticas y ciencias del suelo y cultivos.

La visita de la delegación vasca estuvo centrada en esta última sección: el departamento de Ciencias del Suelo. En sintonía con la evolución de la agricultura europea durante los últimos años, este departamento se ha especializado en el estudio de las propiedades físicas, químicas y biológicas que mantienen la fertilidad del suelo e influyen en el impacto de las prácticas agrícolas en el medio ambiente. Estudian, al mismo tiempo, los numerosos procesos y factores ambientales externos que afectan negativamente a los suelos agrícolas.

Tras un recorrido detallado por los diversos campos experimentales que posee la finca, iniciamos las sesiones de trabajo con el personal científico de las tres áreas de investigación que mayor relación guardan con nuestra actividad.

### Ecología microbiana del suelo

En nuestro primer contacto en el Reino Unido, expusimos y valoramos los resultados de nuestros estudios sobre



Fachada principal de la Estación Experimental de Rothamsted.

contaminación por metales pesados en suelos y sedimentos de los valles del Oiartzun y del Urumea.

El doctor Phil C. Brookes explicó el contenido de sus trabajos sobre las relaciones entre materia orgánica y biomasa microbiana del suelo. El aspecto más destacable es el empleo del contenido de la biomasa microbiana del suelo como indicador sensible de los cambios en las condiciones del suelo que afectan a su nivel de fertilidad, tales como los aportes de metales pesados con los

lodos de depuradora o los efectos a largo plazo de los plaguicidas.

Los métodos químicos tradicionales que empleamos (determinaciones de metales totales y extraíbles) presentan importantes limitaciones a la hora de evaluar el nivel real de toxicidad de un suelo. La aproximación del doctor Brookes se basa en el papel relevante de la biomasa microbiana del suelo como elemento transformador de la materia orgánica en nutrientes. Según esta idea, en Rothamsted han estudiado las relaciones entre biomasa microbiana y carbono

### TABLA 1

### Contenido máximo de nitratos permitido en diversos cultivos en Holanda

	VALORES	ACTUALES	A PARTIR	DE 1995	
	Verano	Invierno	Verano	Invierno	
echuga	3.000	4.500	2.500	3.500	
Endivia	3.000	3.500	2.500	3.500	
Espinaca	3.500	4.500	2.500	4.500	
Remolacha	3.500	4.000	3.500	4.000	

FUENTE: Elaboración propia.

	TABLA 2	
Metales	totales	(mg/kg)

	ROTHAMSTED				FRAISORO				
TQ (=0)	рН	Cu	Ni	Zn	Cd	Zn	Cd	Pb	Mn
4871	6,0	110	47	1.370	2,6	1.260	3,5	700	2.125
4872	6,0	1.043	45	1.320	2,5	1280.	3,5	760	2.130
4873	7,7	100	30	476	0,92	510	2,1	475	1.460
4874	8,0	80	30	6.310	15	6.435	12,5	520	4.330

FUENTE: Elaboración propia. (Datos de Fraisoro y Rothamsted).

orgánico total en suelos de diferentes contenidos en metales pesados. La relación aproximadamente constante que se observa en suelos de bajo contenido en metales no se cumple en el caso de suelos contaminados, en los que el efecto tóxico de los metales inhibe el desarrollo de la biomasa microbiana (ver figura 1).

Como resultado de este intercambio, se planteó la posibilidad de aplicar esta metodología en los suelos agrícolas y sedimentos de nuestra zona, tras una fase previa de calibración que permita establecer las correlaciones propias de nuestro entorno (habría que solventar algunas dificultades metodológicas para su aplicación a sedimentos).

Hasta hace poco, la principal limitación de los estudios basados en la biomasa microbiana del suelo era la determinación de este parámetro en el laboratorio. Ello constituía un proceso largo y tedioso. Las aportaciones en los últimos años del grupo del doctor Brookes han supuesto un importante avance en este sentido: el desarrollo de un método de fumigación-extracción que elimina la etapa de incubación de la muestra y reduce el tiempo de análisis de 12 a dos días. Pudimos comprobar en el laboratorio la

sencillez del método y su excelente adaptación al análisis rutinario de gran número de muestras. Ello ha permitido su empleo en el reciente estudio sobre la influencia del enterrado de la paja en las pérdidas de nitratos por lixiviación, que, bajo la dirección del doctor Brookes, constituyó el tema de la tesis doctoral del químico alavés Jesús Angel Ocio.

## Contaminación de suelos por metales pesados

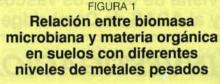
La actividad del grupo del doctor MacGrath consiste en estudiar el efecto tóxico individual de cada uno de estos metales sobre el Rhizobium. Para ello efectúan ensayos de germinación y de crecimiento en placa de Petri, en tubo de ensayo y en maceta, con suelos de diferente concentración de metales.

El doctor McGrath visitó recientemente Gipuzkoa para impartir un seminario sobre la problemática de los metales pesados en los suelos. El investigador inglés recorrió las zonas afectadas por contaminación de origen minero. Fueron recogidas unas muestras de suelo para su posterior análisis en Fraisoro y Rothamsted y sus resultados se resumen en la tabla 1.

### Britainiarrekin elkarlanean

1 991n amaitu zen metal astunek Oihartzungo eta Urumeako bailaretako lurretan eragindako poluziaren azterketa. Hiru urtean egin zuen lan hau Natalia Mrinok, Eusko Jaurlaritzaren Nekazaritza eta Arrantza Saileko bekarekin SUSTRAIn argitaratu zuen lana eta Phil c. Brookesek interesa azaldu zuen puntu batzuen gainean. Rothamsted-eko Estazio Esperimentaleko ikertzaileak, kolaborazioa eskatu zuen, baieztatu egin nahi bait zuen aipatutako bailaretan, beraiek Ingalaterran prestatutako ereduak balio zuen. Eredu hori ere, metal astunek nekazari-lurretan eragindako poluzioa aztertzeko da. Harreman hauetatik sortu da gainera, proiektua Europako Komunitateko Komisioak ordaintzeko proposamena. Proiektuaren izena da: «Ekosisteman kalteak eta ingurugiroarriskuak aurrikusi eta aztertzeko ereduen garapena eta entseia». Partaideak dira: Rothamsted, Fraisoro, Donostiako Kimika Fakultateko Poluzioaren Kimika departamentua, Schlieren-eko (Suitza) Lurreko ekologia Institutua, eta Hareneko (Holanda) Lurreko Emankortasuna Ikertzeko Institutua. □

J.A. I.L.





FUENTE: P. C. Brookes y S. P. Margrath.

Las muestras 4871 y 4872 fueron tomadas en una misma parcela de terreno próxima al río Urumea. En ellas se observa una sensible reducción en el rendimiento de los cultivos. La muestra 4873 fue tomada en un invernadero de la misma explotación, más alejado del río y en el que se cultiva con normalidad. Finalmente, la muestra 4874 fue tomada en una zona no cultivada de máxima contaminación, próxima al cauce del río Oiartzun.

Los resultados del análisis químico efectuado por ambos laboratorios son razonablemente coincidentes si se tiene en cuenta la variabilidad de las muestras y se corresponden con los rendimientos observados. Sin embargo, el contaje de células de Rhizobium (ver tabla 2) proporciona valores contradictorios para las muestras del Urumea, ya que dicho recuento es nulo en la del invernadero, de mínima contaminación. Descartada la influencia del pH (tabla 1), esto sugiere la posible interferencia de algún otro efecto inhibidor del Rhizobium (tal vez algún tratamiento de desinfección previo a la toma de muestras).

Finalmente, a lo largo del recorrido por los laboratorios pudimos conversar con la doctora Pilar Bernal, de la Universidad de Murcia, que, por medio de una beca postdoctoral, investiga en Rothamsted el compostaje de lodos de depuradora contaminados y las posibilidades de su empleo como sustrato para el crecimiento de plantas hiperacumuladoras de metales pesados.

### Dinámica del nitrógeno en el suelo

Los trabajos realizados durante los últimos años por el grupo del doctor

## Recuento de células de Rhizobium en suelo fresco

Ref.	Células/g. suelo	% Nitrógeno total
1871	230	0,24
4982	919	0,24
4873	0	0,26
4874	0	0,10

FUENTE: S. P. Magrath y A. Chaudri (Rothamsted).

Powlson sobre el ciclo del nitrógeno en el suelo han supuesto una enorme contribución al conocimiento de la dinámica de este nutriente y de las pérdidas por lixiviación de nitratos, que son una de las principales fuentes de contaminación agraria de las aguas subterráneas. Su enfoque sobre este problema ha sido expuesto con gran acierto y claridad en un libro de reciente publicación.

Tuvimos ocasión de contrastar opiniones con el doctor T.M. Addiscot sobre el planteamiento general de la problemática de los nitratos y el abonado nitrogenado en las condiciones particulares de la Comunidad Autónoma Vasca.

La pérdida de nitratos a través del suelo es el resultado de tres procesos diferentes:

- Flujo de agua a través del suelo, que tiende a lavar los nitratos.
- Descomposición de la materia orgánica del suelo por acción de los microorganismos que transforman el nitrógeno orgánico en nitratos (o en sentido inverso, como en el caso del enterrado de la paja).
- Absorción por las raíces de las plantas del nitrato disuelto en la solución del suelo.

Este problema se puede estudiar a través de modelos matemáticos de simulación. En ellos trabaja intensamente el doctor Addiscott en los últimos 15 años. La combinación de modelos correspondientes a cada uno de los tres mecanismos anteriormente citados permite explicar el proceso global. Addiscott y Withmore propusieron un modelo que describe razonablemente bien el movimiento del nitrato durante el invierno en cultivos arables (ver figura 3). En esta figura se aprecia la predición de las reservas de nitrógeno mineral (nítrico+amoniacal a 0,9 m de profundidad), que se correlaciona bien con los valores medidos durante cinco años en cultivo de invier-

Recientemente han desarrollado una versión simplificada (SACFARM, Soil and Crop Farmer) del modelo anterior, con vistas a su utilización práctica en el asesoramiento del abonado nitrogenado. Pudimos asistir a una demostración práctica del modelo por parte de N. Bailey en un ordenador personal. Cuando se alimenta éste con cierta información, relativa a datos de humedad del suelo y climáticos de la zona (pluviosidad diaria, evaporación y temperatura del suelo), permite obtener una doble información:

- Simulación del crecimiento y absorción de nitrógeno de un cultivo de trigo en invierno entre septiembre y junio, prediciendo su efecto en la lixiviación del nitrógeno residual del suelo y la eficiencia de utilización del nitrógeno del fertilizante.
- Control del destino de las aportaciones de fertilizante nitrogenado en cultivos de primavera. A diferencia de la anterior, esta opción no requiere la medida del nitrógeno residual (nítrico+amoniacal) del suelo en otoño.

Actualmente, el modelo está siendo refinado para su utilización con fines prácticos por los técnicos del ADAS (Agricultural Development and Advisory Service). Pensamos que el empleo de éste u otros modelos semejantes presenta un gran potencial como elemento auxiliar de apoyo para las recomendaciones de abonado nitrogenado en cultivos arables de nuestro entorno. Ello permitiría optimizar las dosis de fertilizante mineral y reducir al mínimo las pérdidas por lixiviación de nitratos.

#### El ADAS de Cambridge

Agricultural Development and Advisory Service (ADAS) es el servicio de asesoramiento y desarrollo agrícola del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAFF) del Reino Unido para Inglaterra y Gales. A lo largo del proceso de reestructuración desarrollado durante los últimos años, el número de regiones en que se divide el servicio ha pasado de doce a seis. Cada una de ellas se configura a su vez en divisiones geográficas (en número variable de tres a cinco).

La región del este, con sede en Cambridge, comprende, en un radio de 70 kilómetros, cuatro zonas. En cada una de ellas se hallan las oficinas, en las que los técnicos (de dos a cinco miembros) ofrecen asesoramiento a los agricultores y ganaderos. Las consultas de carácter específico se trasladan a los especialistas del Centro Regional de Cambridge, donde también se hallan los laboratorios. La asistencia prestada no sólo tiene carácter técnico, sino también financiero y comercial. Así, se ofrecen servicios en las áreas de ganadería, horticultura, gestión técnico-económica, I+D, laboratorio, proyectos, etcétera.

Tradicionalmente, los servicios que prestaba el ADAS eran gratuitos. Pero desde hace cinco años, y como conse-



Campos de experimentación a largo plazo (desde 1843) en Rothamsted.

cuencia de la reestructuración mencionada, se cobran todos ellos, bien a través de un contrato previo de servicios o según el tiempo dedicado. Así se consigue una autofinanciación parcial del presupuesto propio, que puede ser del 50% en 1994.

La plantilla total del ADAS es de 3.500 personas; de ellos, 2.000 son especialistas y expertos científicos. El número de explotaciones que recibe asesoramiento de este centro asciende a 38.000, en dura competencia con asesorías privadas. Los laboratorios de Cambridge, con una plantilla de 39 personas, analizaron en 1991 un total de 85.000 muestras, en su mayor parte procedentes de dos áreas:

- Producción vegetal. Principalmente, suelos minerales (35.000), suelos hortícolas (3.000), soluciones nutritivas de cultivos hidropónicos (7.000), plantas (6.000) y abonos orgánicos (1.000).
- Nutrición. Análisis de alimentos destinados a la alimentación humana y animal, tales como granos de cereales



FUENTE: "Farming, Fertilizers and the Nitrate problem", T.M. Addiscott, A.P. Whitmore, D.S. Powlson, 1991.



Ensayo de crecimiento de leguminosas en suelos de Gipuzkoa contaminados por metales pesados.

(10.000), semillas de colza y girasol (2.500 y 2.000, respectivamente), piensos compuestos (4.000) y otros.

A través de los contactos mantenidos con los responsables de los laboratorios, en un exhaustivo recorrido por los mismos, pudimos obtener una completa información sobre aspectos concretos de las técnicas utilizadas por el ADAS. Estas técnicas han sido adoptadas en muchos casos por el Laboratorio Agrario de Fraisoro.

Los técnicos responsables de las áreas citadas, a través de entrevistas, nos ofrecieron más información, que ahora vamos a resumir.

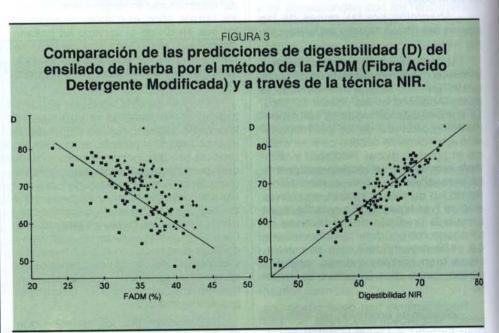
### Producción vegetal

- Fertilización nitrogenada. En línea con la tendencia general en Europa hacia la reducción de las cantidades de fertilizante recomendadas, a lo largo del presente año 1992 se espera que se publique una nueva edición de las recomendaciones de fertilizante del ADAS, que recogerá los cambios habidos. Respecto a la edición de 1988, la disminución afectará principalmente a cereales y a más cultivos arables, manteniéndose las recomendaciones en otros cultivos, como los de invernadero. Continúan basándose en los residuos de la cosecha anterior para estimar las necesidades de nitrógeno de cada cultivo. Sin embargo, están ajustando el programa SACFRAM de T. Addiscott para incorporarlo a la práctica de la recomendación de abonado nitrogenado.

 Recomendaciones de abonado en fósforo, potasio y magnesio. En frutales, el abonado de fondo lo basan, como en los restantes cultivos, en el análisis de suelo previo a la plantación. Al cabo de dos años repiten el análisis de suelo, en el que basan la recomendación de abonado de cobertera. Las cantidades de potasio son ligeramente superiores a las del abonado de fondo para un mismo índice de suelo, mientras que resultan sensiblemente inferiores (del orden del 50%) las de magnesio y fósforo); éstas últimas a causa del poder de amortiguación y del valor residual del fósforo). Cuando se dispone de análisis foliar, las aportaciones de nitrógeno y potasio en cobertera para árboles frutales se ajustan de acuerdo con unas tablas que consideran, junto a los factores de variedad y estacionalidad, una combinación de los datos del análisis de suelo y foliar.

Materiales empleados como sustratos hortícolas. Durante los últimos años se ha desarrollado en el Reino Unido una conciencia ecologista que reivindica el cese de las extracciones en turberas. Por esta razón, existe una tendencia creciente hacia la sustitución de los diversos tipos de turbas por sustratos de origen sintético (lana de roca, perlita...) o natural (corteza de pino y otros derivados de la madera). Entre éstos últimos cabe destacar los procedentes de cocotero o de la propia madera triturada tras ser sometida a tratamientos de temperaturas y presiones elevadas.

- Caracterización fisicoquímica de sustratos hortícolas. Para la comparación de la aptitud de diferentes materiales como sustratos hortícolas se basan principalmente en sus propiedades físicas. Entre éstas destaca, por su importancia, la porosidad ocupada por aire. Se nos facilitó la información necesaria para su determinación y la de otros parámetros físicos de interés: tamaño de partícula, retención de agua, etcétera. El control del estado nutricional se basa en las determinaciones fisicoquímicas (pH, conductividad y nutrientes) en el extracto acuoso 1:6, como habitualmente venimos haciendo en nuestro laboratorio. Ambos tipos de medidas son válidas tanto para sustratos naturales como para mezclas en las que algún componente sea sintético. En cultivos hidropónicos tipo NFT (Técnica de Película de Nutrientes) efectúan el control nutricional a través del análisis químico de las soluciones nutritivas. En éstas, junto a pH, conductividad y los iones inorgánicos habituales, determinan hierro, manganeso, zinc y boro. Sin embargo, este control no es aplicable en aquellos cultivos que presentan componentes con capacidad de intercambio



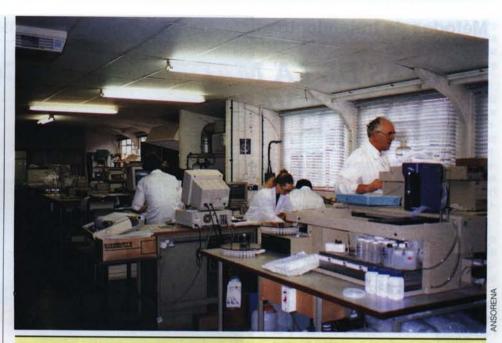
FUENTE: ADAS.

catiónico (caso de algunas plantaciones con vermiculita).

- Contenido en nitratos de las hortalizas de hoja. En Inglaterra y otros países, este aspecto ha sido motivo de especial preocupación por los supuestos riesgos asociados a la ingestión de nitratos. Precisamente S.J. Richardson, nuestro interlocutor, dirigió los trabajos que sobre este tema fueron efectuados por el ADAS durante la década de los ochenta. A lo largo de la conversación coincidimos en opinar que el tema ha sido exagerado. pues a excepción del brote masivo de casos de metahemoglobinemia producida en Hungría entre 1976 y 1982, la evidencia disponible se limita a un reducido número de casos de lactantes. En el Reino Unido se estuvo a punto de fijar una reglamentación restrictiva respecto a los límites máximos permitidos en algunas hortalizas. Sin embargo, la dificultad para establecer un mecanismo efectivo de control y la falta de una evidencia clara del riesgo hicieron que no se implantara ninguna normativa. Coincidimos igualmente en la extrañeza que nos produce la reglamentación recientemente aprobada en Holanda, que limita de forma progresiva durante los próximos años el contenido máximo de nitratos permitido en diversos cultivos (ver tabla 1). Nosotros comentamos los resultados del trabajo en muestra de hortalizas en la Cornisa Cantábrica y en Navarra: el efecto compensatorio del aumento de temperatura frente a la reducción de la iluminación; y los valores sorprendentemente elevados que hemos encontrado en muestra de acelga y espinaca, que podría encontrar su explicación en factores genéticos y nutricionales.

#### Nutrición animal

- Evaluación de alimentos. La conversación estuvo centrada en valorar el carácter universal de las ecuaciones de predicción de la digestibilidad de alimentos para rumiantes y su aplicación a los utilizados en nuestra zona. Los fabricantes ingleses de piensos compuestos utilizan menos el algodón y más otros ingredientes (colza o trigo). Pero, en principio, la última ecuación podría ser válida para nuestros concentrados, aunque debería ser contrastada empíricamente. En la nueva legislación de alimentos recientemente aprobada en el Reino Unido se incluyen las ecuaciones de predicción de energía metabolizable para declaración voluntaria en rumiantes, porcino y aves. En el caso concreto de la ecuación para rumiantes, la digestibilidad celulasa neutro detergente se amplía para incluir la acción de la gamanasa. A causa de los problemas que tuvieron con la irreqular calidad de los enzimas, han cambiado de proveedor y utilizan ahora un kit que incluye tres enzimas.



Laboratorio de análisis de tierras del ADAS de Cambrigge.

En general, tienden a sustituir las ecuaciones predictivas basadas en parámetros determinados por vía química húmeda por otras que incluyen digestibilidades químico-enzimáticas o por métodos físicos (NIR). En el caso de los ensilados de hierba han pasado de utilizar la ecuación basada en la fibra ácido detergente modificada a determinar la digestibilidad por la técnica NIR. Con ello han conseguido una importante mejora en la correlación con los datos de digestibilidad *in vivo* (ver figura 3).

Lo mismo ocurre con muchos otros alimentos, como el ensilado de maíz. Una vez más, se demuestra la urgente necesidad de disponer de la técnica NIR en alguno de los laboratorios de la Comunidad Autónoma Vasca.

El cálculo de la energía metabolizable de los alimentos, a partir de la ecuación general con los resultados del análisis Weende y los coeficientes de digestibilidad, se considera correcto siempre y cuando estos últimos sean fiables. Con este fin, han sustituido las tabla antiguas del MAFF por otras más recientes, que incluyen los resultados de centros de investigación de Inglaterra, Gales y Escocia.

– Ensilado de hierba. Para el muestreo de los silos utilizan la misma sonda que nosotros. Por tanto, también padecen idénticos inconvenientes. Ese fue el motivo de que ensayasen el empleo de una sonda motorizada, que, a causa de su elevado peso, tuvo que ser desechada. Es particularmente importante que el extremo cortante se encuentre bien afilado. Se nos facilitó información sobre las bases del concurso nacional de ensilados, de cuyo jurado Robin Crawshaw, nuestro interlocutor, ha sido miembro

hasta la última edición. En la misma se han aceptado por primera vez muestras de silo diferentes de las del tipo plataforma. En las citadas bases se da mayor importancia a la inspección del ensilado y al sistema de manejo que en el concurso de Euskadi. En particular, destaca la valoración de aspectos medioambientales, como el control del efluente del ensilado o las pérdidas en el tanque de purines.

A causa de las importantes pérdidas de materia seca y energía metabolizable que han constatado en la etapa de prehenificado, tienden al ensilado directo. Con ello aumenta la producción de efluente, por lo que emplean sustancias absorbentes: desde balas de paja hasta productos comerciales, u otros basados en pulpa de remolacha o cebada. Estas sustancias retienen el jugo y equilibran nutricionalmente el alimento.

Obtuvimos información actualizada sobre los tipos de aditivos para ensilado recomendados por ADAS, de los que en Inglaterra se hace uso en un 50% de los silos. Aunque el coste puede llegar a representar un 10% del valor del forraje ensilado, su rentabilidad no es cuestionada. Tienden a emplear como aditivos productos comerciales basados en mezclas de ácidos, productos azucarados, inoculantes, enzimas, etcétera. Son de más fácil manejo que los ácidos inorgánicos tradicionales.

Javier Ansorena
Laboratorio Agrario de Fraisoro
DIPUTACION FORAL DE GIPUZKOA
Iñigo Legorburu
Laboratorio de Química
de la Contaminación
Facultad de Químicas (UPV-EHU)