

MEMORIAL MILLÁN MILLÁN MUÑOZ

UNA TRAYECTORIA SINGULAR EN LA INVESTIGACIÓN AMBIENTAL ATMOSFÉRICA

Valencia 12 septiembre 2024



GRUPO DE INVESTIGACION ATMOSFÉRICA (GIA)
Universidad del País Vasco UPV/EHU
"EL GRUPO DE BILBAO"
LUCIO ALONSO
AMAIA ALBIZURI
MARINO NVAZO
JUAN LUIS ILARDIA
GOTZON GANGOITI

ETAPA VASCA

Aportación a las ciencias atmosféricas en el tiempo que compartimos con él.

Exploración de la contaminación atmosférica (chimeneas y volcanes)

1966-1970 Diseña el COSPEC (Barringer Research), basado en prototipos de espectrómetros de máscara con rendijas de salida, utilizados en astronomía para detección de vapor de agua en la señal infrarroja de la atmósfera de Venus. Lo rediseñó para detección de SO_2 en señal UV con aplicación en EXPLORACIÓN GEOFÍSICA (MINERÍA de interés para Barringer Research). La técnica se renombra: ahora Espectrómetro de Correlación COSPEC. La investigación coincide con la realización de su master MASc en Ciencia Aeroespacial (1968-69) y su tesis doctoral PhD (1969-72) en Física Atmosférica y Espacial por la Universidad de Toronto mientras trabajaba en Barringer Research. La investigación recibe también fondos de la NASA y de la Universidad de Toronto y este periodo coincide con su primer contacto con la meteorología aplicada: dispersión de la luz en la atmósfera real para comprender cómo afectaba a la señal del COSPEC.

Aplicación del COSPEC

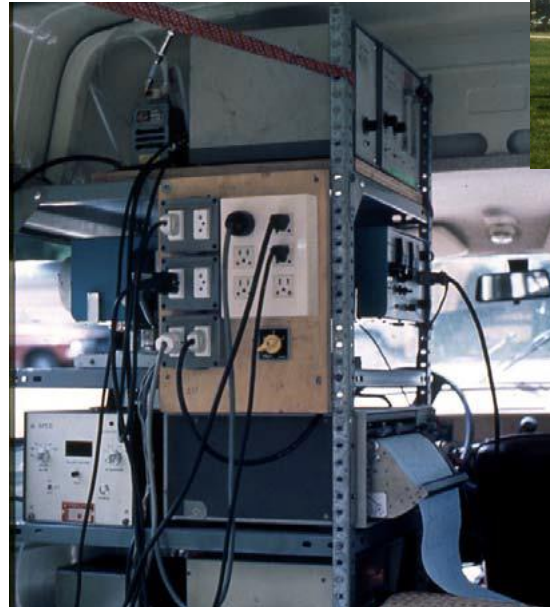
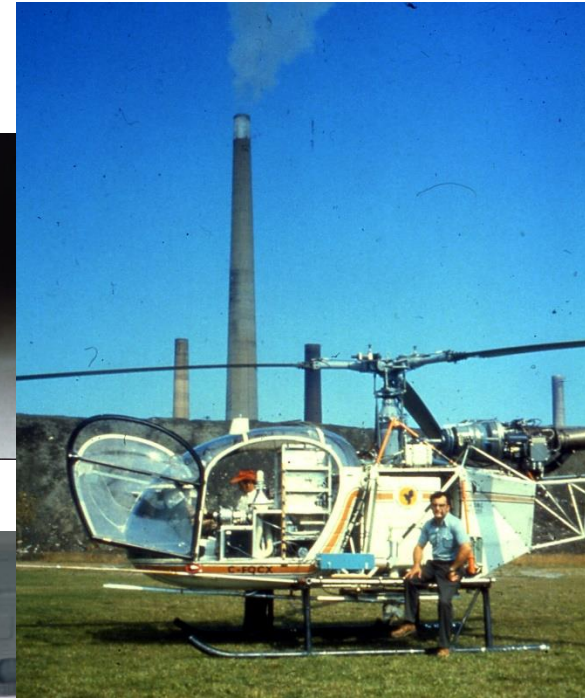
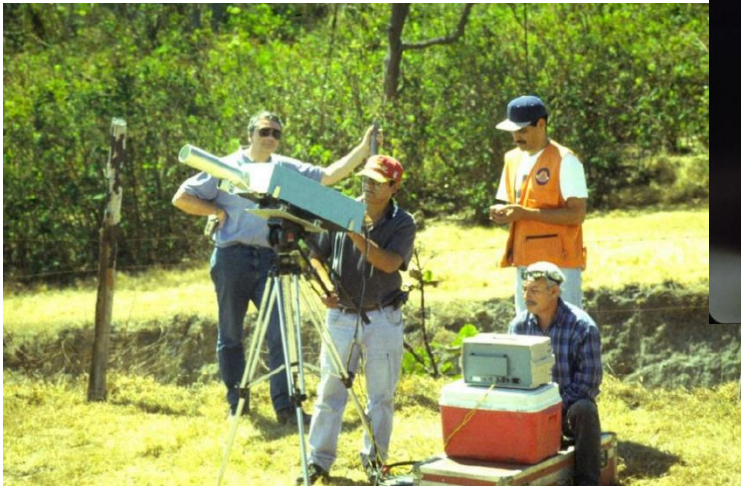
Detección remota de SO_2 y NO_2 . DOS campos principales de aplicación: (1) Exploración geofísica para detección de emanación natural de gases (volcanes) y (2) trazador de emisiones antropogénicas (penachos de chimeneas).



It is always a pleasure to receive recognition for work undertaken in the advancement of science. It is particularly rewarding to be cited by a prestigious technical group. No fewer than two such honors have been bestowed on Barringer scientists in as many months.

On October 5 in Chicago, Dr. Anthony Barringer, president of the Company, was awarded the 1971 Albert F. Sperry Medal Award by the Instrument Society of America. This gold-medal honor is offered

Grandes ventajas para trabajo de campo : Operación diurna en **cualquier meteorología (días claros, nubes, o lluvia)**, **tiempo de respuesta muy corto**, **tamaño reducido**, **poco consumo eléctrico**, y **transportable en vehículos pequeños** (también en aviones o helicópteros como en “Dante’s Peak”).



1972-1986 (la conexión europea). ASESORAMIENTO Y FORMACION DE TECNICOS DE LA CEE Y EXPLORACION INTENSIVA (CAMPAÑAS) DE LA DISPERSIÓN DE CONTAMINATES. INFLUENCIA EN LAS PRIMERAS DIRECTIVAS CEE SOBRE EL CONTROL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

Millán, trabajando ya en el recién creado **Servicio Meteorológico de Canadá**, entonces llamado Atmospheric Environment Service AES (1972), profundiza en su interés por la **meteorología y la mesoscala**, colaborando con el prestigioso meteorólogo canadiense **Ted Munn** para interpretar las nuevas salidas instrumentales del COSPEC, en el contexto de la dispersión de penachos en capa límite atmosférica. Cursa un **master MASc en Meteorología**.

Tras la visita de un grupo de **Oficiales Científicos de la Comunidad Europea** (1972) al Servicio Meteorológico de Canadá, comienza una amplia etapa de **asesoramiento a la entonces Comunidad Económica Europea (CEE), para la aplicación del COSPEC en campañas de campo con otros equipos de medida remota** (LIDAR, SODAR, DIAL), financiadas por la CEE. En especial el Gobierno alemán estaba muy interesado en medir el transporte de contaminación transfronterizo mediante las nuevas tecnologías de medida remota. En base a este interés, se establece **un marco de colaboración entre la CEE y el Gobierno de Canadá** con **UN OBJETIVO FINAL:**

ESTABLECER UN MARCO EXPERIMENTAL suficiente para **3 iniciativas**: (1) el desarrollo de la incipiente legislación europea en materia de contaminación atmosférica (DIRECTIVAS), (2) empujar a la colaboración entre equipos de investigación europeos y (3) el desarrollo de los nuevos equipos de medida remota.

Las **campañas de campo** se desarrollan en los **PRIMEROS TRES PROGRAMAS de investigación ambiental de la CEE (1973-1986)**. La implicación directa de Millán en el diseño y ejecución de estas campañas le dio una gran **credibilidad entre los expertos Oficiales Científicos de la Comunidad y de sus estados miembros. Mucho antes de la incorporación de España en la CEE (1986)**.

1970-1990. Aplicación extensiva del COSPEC en EEUU, Canadá, China, Japón, Sudamérica, Australia y Europa fundamentalmente, revolucionó el campo de (1) la dispersión de contaminantes y su aplicación a (2) la vigilancia de la actividad volcánica lo convirtió en un instrumento imprescindible, ampliamente utilizado en vulcanología:

- 1) Detección de impactos de chimeneas altas, hasta distancias de más de 1000 km.
- 2) Cuantificación del transporte trans-fronterizo
- 3) Mejora de las redes de calidad de aire en EEUU, Canadá, Gran Bretaña, Holanda, Bélgica y España
- 4) Medidas del lavado de compuestos químicos atmosféricos y lluvia ácida
- 5) Medidas-Vigilancia y de-gasificación de volcanes

COSPEC OBSERVATION OF MT. ST. HELENS VOLCANIC SO₂ ERUPTION CLOUD OF 18 MAY 1980 OVER SOUTHERN ONTARIO

MILLAN M. MILLÁN
LABEIN Torrontegui, Bilbao 13, Spain

and

ALLAN J. GALLANT, YONG-S. CHUNG and FOUAD FANAKI
Atmospheric Environment Service, Downsview, Ontario, Canada M3H 5T4

(First received 22 August 1983 and received for publication 18 August 1984)

Abstract—Spectroscopic measurements in Toronto indicate that a fraction of Mt. St. Helens volcanic eruption cloud of 18 May reached Southern Ontario at about 1800 GMT, 20 May and drifted over this area until nearly 0000 GMT, 22 May. These measurements complement other observations (Ryznar *et al.*, 1981; Draxler, 1981). The detection was made with a COSPEC remote sensor during a routine series of measurements intended to determine its diurnal baseline variation. Analysis and reduction of the records has been made emphasizing the interplay between the atmospheric and instrumental effects which influence the remote spectroscopic measurement of SO₂ in a high altitude layer. The reduced data has been used to determine the height of this layer in the lower stratosphere and to estimate that the SO₂ mass in this fraction of the total eruption was of the order of 2.1×10^9 kg at the source.

Key word index: Correlation spectrometer, remote sensing of SO₂, volcanic emissions, long range transport, atmospheric radiation transfer.

A FUMIGATION EPISODE IN AN INDUSTRIALIZED ESTUARY: BILBAO, NOVEMBER 1981

MILLÁN M. MILLÁN, LUCIO A. ALONSO and JUAN A. LEGARRETA
LABEIN, L. J. de Torrontegui, P.O. Box 1234, Bilbao-13, Vizcaya, Spain

MARIA V. ALBIZU and IÑAKI URETA
Basque Government, Environmental Vicecounselry, Vitoria-Gasteiz, Alava, Spain

and

CARMEN EGUSQUIAGUIRRE
Basque Government, Department of Health and Social Security, María Diaz de Haro 60, Bilbao, Vizcaya, Spain

(First received 7 December 1982 and received for publication 8 August 1983)

Abstract—A pollution episode occurred early in November 1981, in the heavily industrialized area of Bilbao, a deep estuarine valley in northern Spain. Hourly average values from the automatic SO₂ monitoring network indicate that 800 and 400 $\mu\text{g (Nm}^3)^{-1}$ were exceeded 2 and 55 times, respectively, under stagnating anticyclonic conditions with weak gradient flow. In these conditions a meso-meteorological cycle developed whereby night drainage winds carried the pollutants to the sea, followed by their re-entry with the sea-breeze the next day. High emissions, or those which penetrated the ground based inversion, were initially dispersed out of the area. However, once the subsidence joined the anticyclonic and night-time inversions, all emissions were trapped within the reflux cycle resulting in the highest observed SO₂ ground levels.

Unequal reaches within the cycle brought a net daily influx of clean ocean air which avoided a larger accumulation of pollutants in the area.

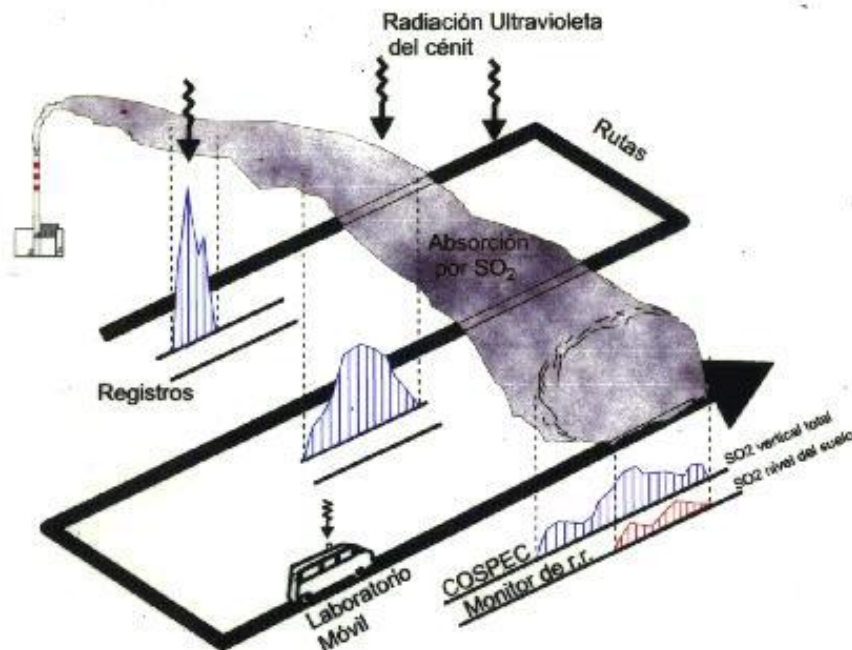
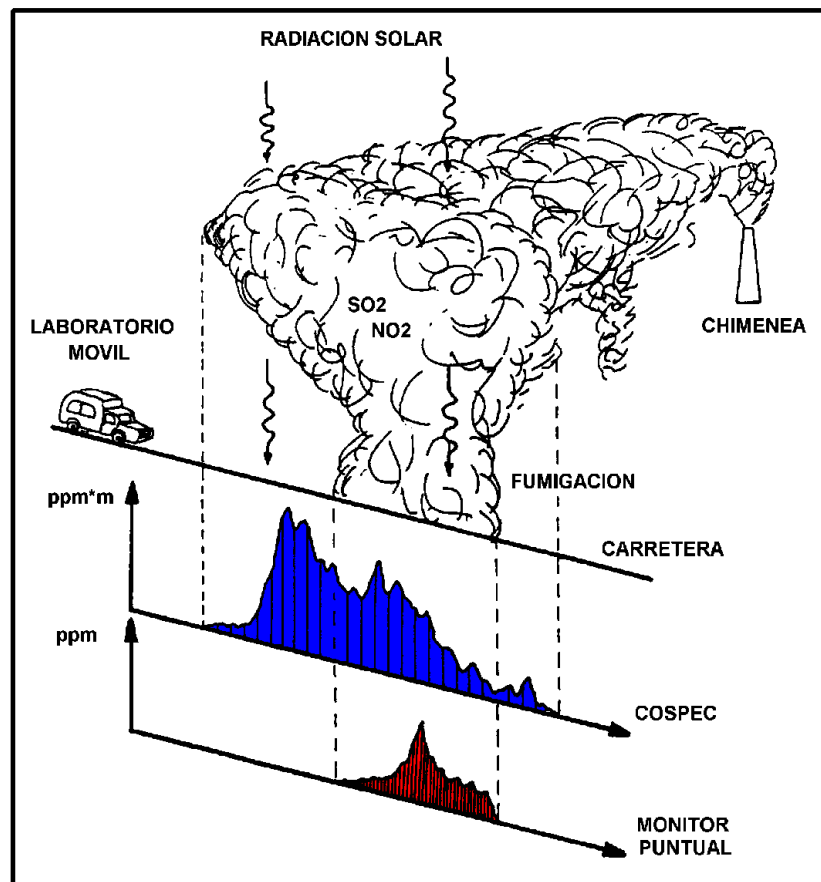
1981. La llegada a Bilbao

Los cambios políticos en España al final de la década de los 70, su inminente entrada en la Comunidad Europea y los consejos de sus colegas (ingleses e italianos fundamentalmente, según cuenta en sus memorias) durante las campañas de campo europeas con el COSPEC, le impulsan a tomar la decisión de establecerse en España definitivamente.

Bilbao contaba ya con varios factores relevantes para su decisión final:

- 1) **Un equipo COSPEC en los laboratorios LABEIN**, asociado a la Escuela Superior de Ingenieros de Bilbao y al Ministerio de Industria de España
- 2) **Un problema de contaminación importante** en la zona mas poblada de la ya recientemente constituida (1979) Comunidad Autónoma
- 3) **Una red de vigilancia de monitores de SO₂ computarizada** (encargada a IBM 1976-77) repartida en el Gran Bilbao (la primera de España) operando en tiempo real, entre ambas márgenes de la industrializada cuenca del Nervión, cuyos datos no se sabia interpretar
- 4) **Un grupo con amplia experiencia en medidas de emisiones industriales en LABEIN** (**primera entidad colaboradora del Ministerio de Industria** para medidas en chimenea de España en 1978), con 120 medidas de emisión de chimeneas en 120 focos diferentes para el año 1979.
- 5) Un primer Gobierno Vasco de la reciente democracia decidido en **hacer algo con el problema de la contaminación** en el Gran Bilbao, con las **competencias ambientales** (incluida la red de vigilancia y su centro de control inicialmente del INI).

Así lo utilizamos nosotros en Bilbao, Cartagena, Centrales térmicas (chimeneas altas) de Andorra-Teruel, Compostilla-León, AsPontes-La Coruña, El Grao-Castellón, Carboneras-Almería.. y otras entre 1981 y 1997



¿Cómo se aplica?

Usado en un vehículo ligero (UNIDAD MOVIL), apuntando hacia el cenit, en combinación con un sistema de posicionamiento y un equipo de mediada puntual de SO₂ de respuesta rápida permite la localización y seguimiento de penachos.

Ventaja diferencial: cortar penachos de forma continua, permite atribuir impactos específicamente a sus focos. Registramos la evolución de impactos en tiempo real y cómo se modifican con los cambios meteorológicos. De ahí su aplicación a mejora-explotacion de redes de vigilancia (trazador de contaminación SO₂/NO₂)

1981-1984. Evidencias de recirculación de contaminantes, patrones de dispersión y avances en la interpretación de medidas remotas y puntuales

Cuatro meses después de su llegada a Bilbao en 1981, se produce en Noviembre de ese año uno de los episodios de contaminación mas severos, con concentraciones entre 400 y 800 $\mu\text{g m}^{-3}$ de SO_2 durante 4 días seguidos (2-5 Noviembre)

Millán documenta por primera vez un proceso mesoscalar de recirculación-acumulación de la misma masa contaminada durante varios días, con derrames hacia el mar nocturnos de baja intensidad y retornos con las brisas de mar de muy baja intensidad características del otoño de Bilbao con poco contraste mar-tierra. Todo ello en presencia de una inversión de subsidencia anticiclónica típica de Otoño.

recirculación-acumulación



Tras el episodio convence al Gobierno vasco para iniciar una campaña experimental (1982-1985) para documentar la dispersión de contaminantes durante ciclos meteorológicos completos (2-3 años) con medidas con una unidad móvil equipada con COSPEC, medidor puntual de SO_2 y unidad de navegación (2 días alternos por semana, todas las semanas).

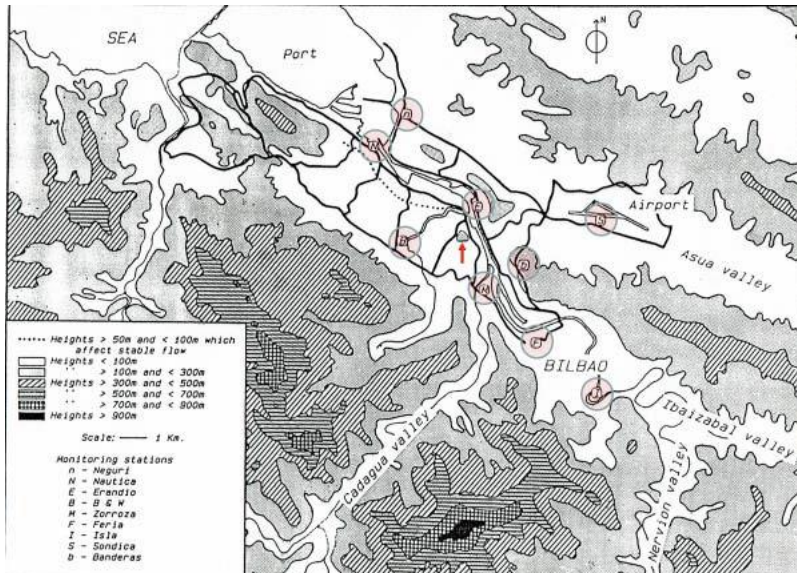
inversión de subsidencia



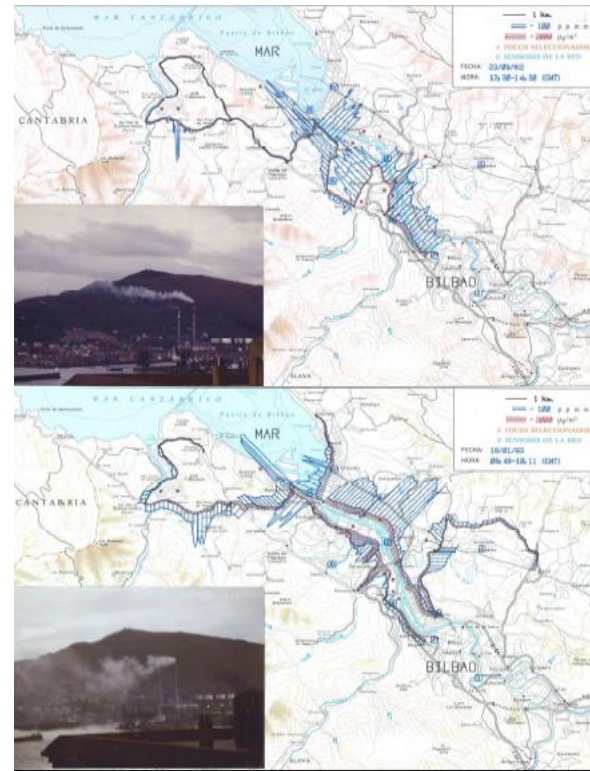
NUEVO OBJETIVO

Optimización de la red automática de la red de vigilancia y darla una utilidad de interpretación y control secundario de fuentes de contaminación (UTILIDAD PARA LA GESTION DE LA RED DE BILBAO)

DIAGNOSTICO BASADO EN PATRONES DE DISPERSION



Medidas COSPEC-SIGN-X Unidad Movil + Estaciones meteo+ SO₂ de la red de vigilancia: interpretación y agrupamiento en 5+1 patrones.



El Grupo de Bilbao, aplica el método en otras ciudades muy industrializadas (Cartagena)

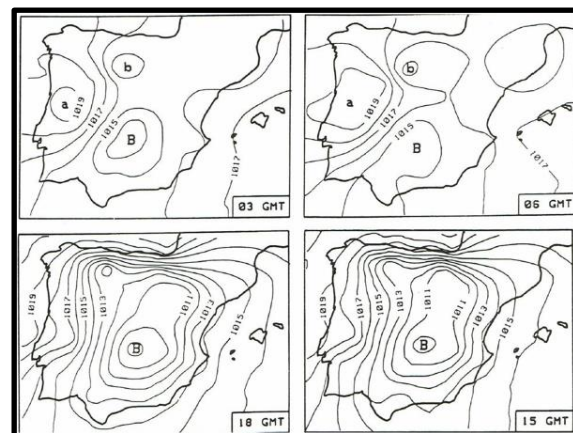
Posterior reproducción con análisis CLUSTER en 1994 (Ibarra y cols.) y redes neuronales en 2008 (actual IA)

Década de los 80. Dispersión de **CHIMENEAS ALTAS y BAJA TERMICA IBERICA**

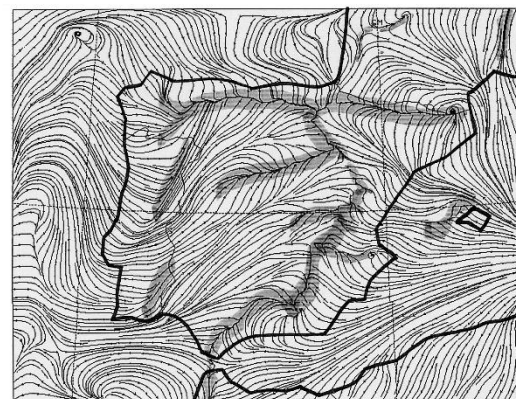
Las chimeneas altas que se empezaron a implantar en los 70. El idea era que si el impacto era lo suficientemente lejano sería con concentraciones muy bajas (aproximación basada en **condiciones neutras de dispersión por encima de la capa de mezcla**).

Las campañas de campo con las entonces nuevas tecnologías de medidas remotas (el COSPEC, como protagonista principal) de finales de los 70 y durante la década de los 80, obligaron a cambiar el paradigma en EEUU y la CEE: son mejor opción las medidas correctoras. Desarrollo tecnológico para reducción de emisiones

Las campañas en Teruel, Castellon, Bilbao y Cartagena de los años 80 y la rotaciones diurnas observadas de las chimeneas altas incluso en condiciones locales costeras con nubes, llevo a relacionar este comportamiento con la formación de la baja térmica peninsular. El momento Eureka fue en Bilbao (LABEIN), entre los años 1983 y 1984.



La modelización de su grupo en Valencia y los datos del avión en su **proyecto europeo MECAPIP** mostró un escenario más detallado: líneas de convergencia-cresterías y hundimientos en compensatorios en valles principales y en el mar



Décadas de los 80-90. Desarrollo de INSTRUMENTOS, TÉCNICAS Y MÉTODOS de medida para investigación atmosférica

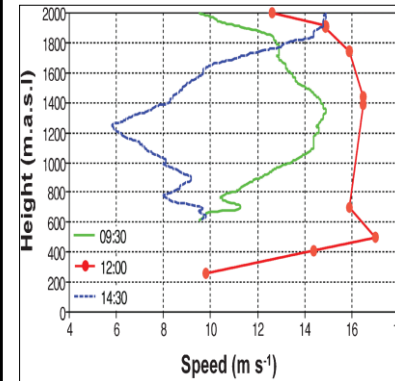
Estereo-fotogrametría penachos (línea arranca con mi tesis Doctoral): medidas de sobre-elevación, velocidad y dirección de viento

Campaña calibración–validación en centro del CIEMAT (Lubia, Soria).

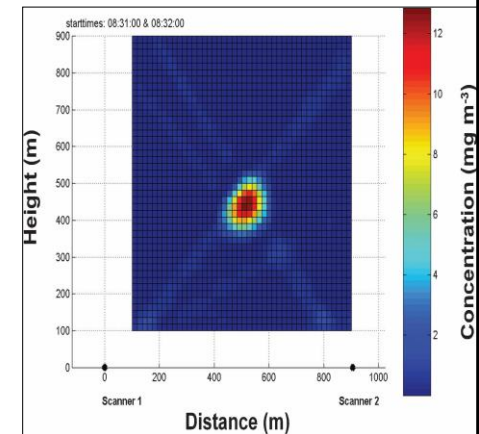


Proyecto Europeo DORSIVA
Puesta a punto-Calibración de nuevos equipos
DOAS: (Campañas experimentales en Sicilia-Etna y chimenea de Endesa)

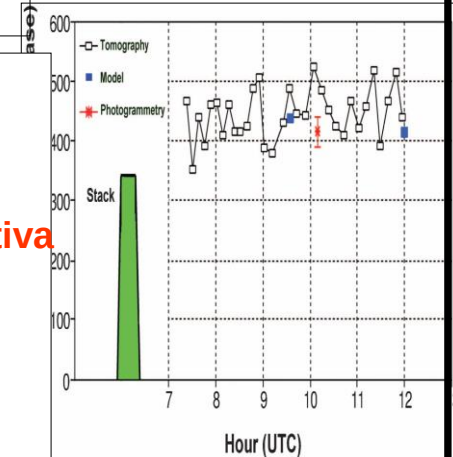
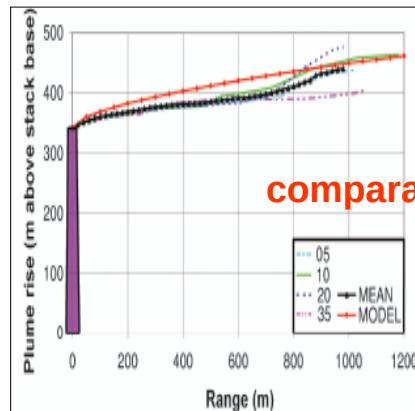
Sondeos



Tomografía DOAS



Modelo-fotogrametría



Décadas de los 80-90. EL OZONO EN LA PENINSULA IBÉRICA Y CUENCA MEDITERRÁNEA

“Cuando el ozono troposférico tenía origen estratosférico”

En este caso el **momento EUREKA** fue la **campana de Fos-Berre (Marsella)** en 1983. Se detectaron concentraciones elevadas de O_3 con el LIDAR y el avión instrumentado en los flujos de retorno por encima de la brisa de mar (500 + m.s.n.m.). En esta campana, parte de las programadas por la CEE bajo el asesoramiento de Millán (1973-1986) en el contexto de sus los tres primeros programas CEE de investigación ambiental, el O_3 no era el objetivo principal.

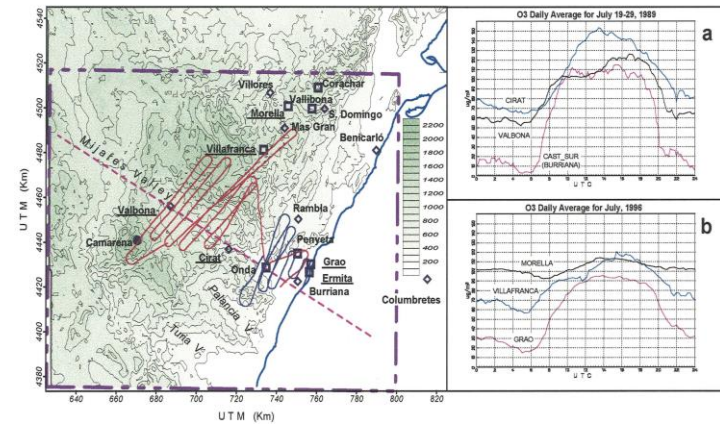
ALGO PASA POR ENCIMA DE LA CAPA LIMITE!! TRES PUNTOS RELEVANTES (Millán)

(1) La **presencia de ozono** podría estar relacionada con el tipo de **circulación vertical** que habían encontrado 10 años antes en las brisas de los Grandes Lagos en EEUU y Canadá. (2) **las circulaciones verticales (con retorno de contaminantes) en el Sur de Europa son muy habituales** (3) se fragua la **necesidad montar campañas específicas para seguir los caminos del ozono en el entorno re-circulatorio de la Península Ibérica y la cuenca mediterránea** (aviones instrumentados, COSPEC, meteorología, etc) en proyectos europeos: MECAPIP, RECAPMA(1990-1992), SECAP y T-TRAPEM (1992-1995). CARBOMONT (2001-2004) Y FUMAPEX (2001-2005)





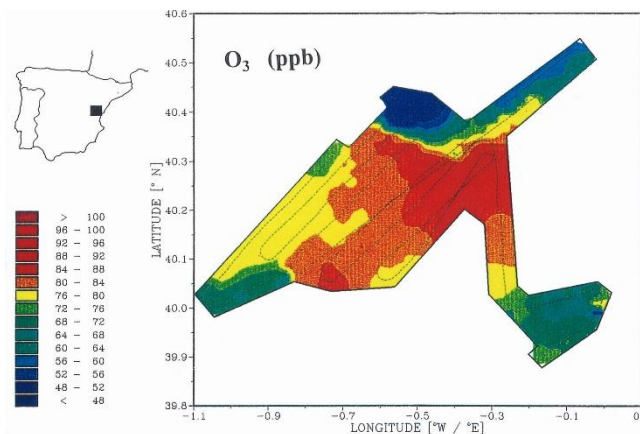
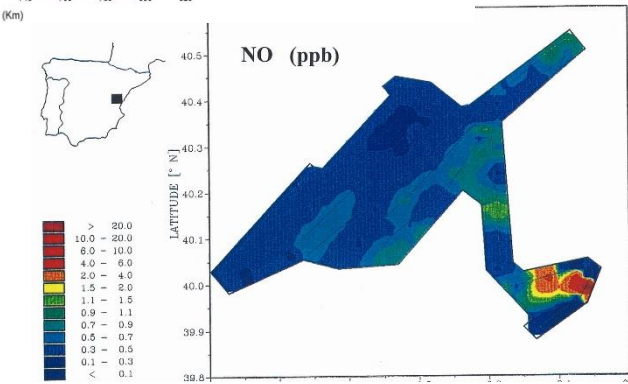
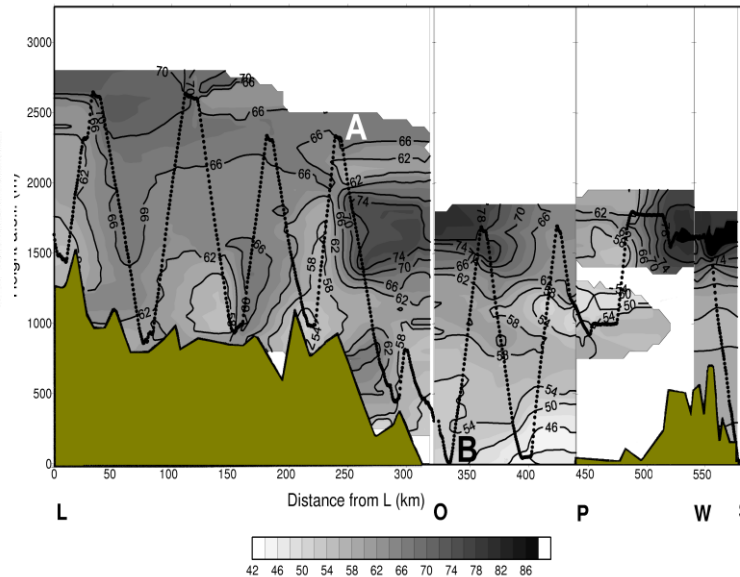
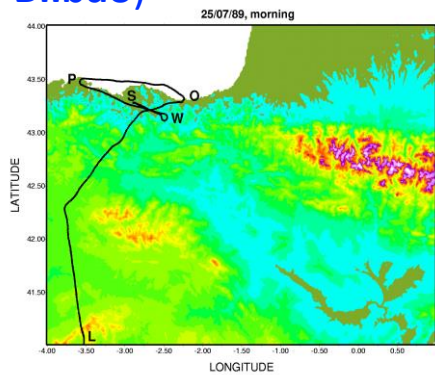
"onda cuadrada" del ozono en Castellón



MECAPIP (primera gran campaña de la CEE en el la Península Ibérica). **LA CONVERGENCIA PENINSULAR**. Proyecto Europeo de Millán (propuesta 1986, antes de la entrada de ESPAÑA en la CEE) a partir de las evidencias de convergencia y posible transporte de ozono y otros contaminantes por encima de la capa de mezcla (1988-1991)

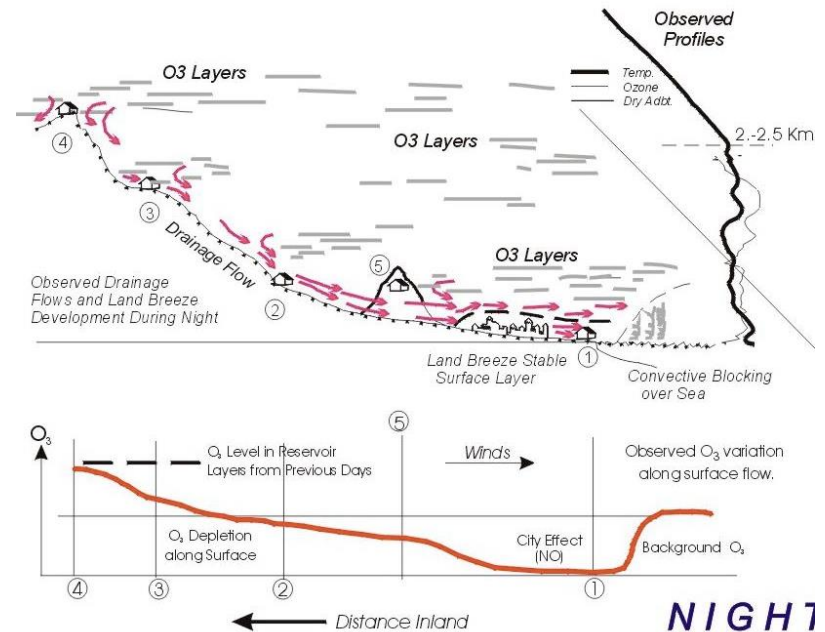
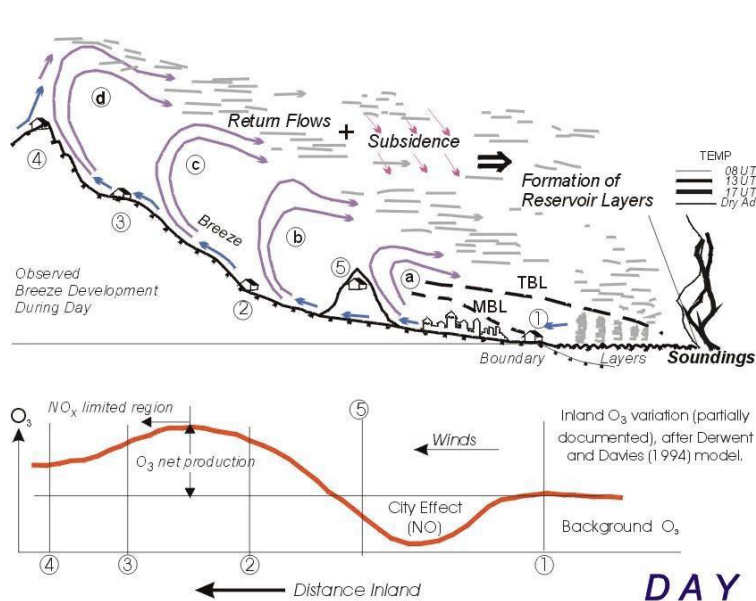
Ozono francés en altura (vuelo Madrid-Bilbao)

25/07/89, morning, ozone (ppbv)

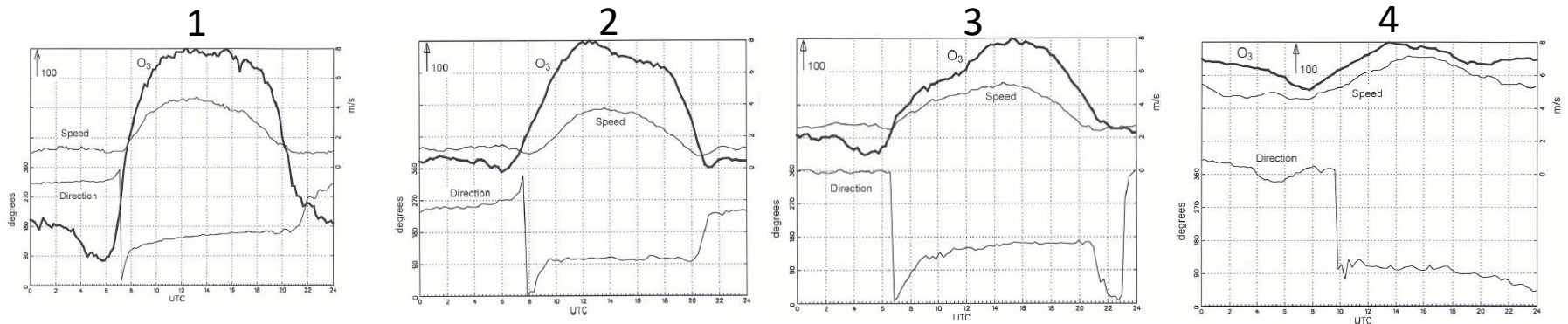


SUS MODELOS CONCEPTUALES. MECAPIP y otros proyectos europeos como RECAPMA, formaron la base experimental de nuestros conocimiento actuales de los procesos de re-circulación de contaminantes a nivel peninsular y en el Mediterráneo Occidental

Transporte-formación de ozono en las celdas convectivas costeras, con plegamiento de capa límite, inyecciones en altura, capas de reserva y fumigaciones **SON LA BASE DE NUESTRO CONOCIMIENTO ACTUAL DE CÓMO SE FORMA, CÓMO SE TRANSPORTA Y CÓMO AFECTA EL OZONO A LAS ESTACIONES DE VIGILANCIA.**



Interpretación de concentraciones de ozono en estaciones de vigilancia en función de la distancia a la costa y altura



Otras de sus aportaciones a las ciencias atmosféricas:

(1) Los usos del suelo y el ciclo del agua en el Mediterráneo (recirculación del vapor del agua), (2) captación de lluvia de las nieblas costeras, (3) incendios en el entorno mediterráneo y recuperación de suelos ..

Describió:

la acumulación de vapor en las recirculaciones del mediterráneo occidental y sus efectos(*“debe de hacerlo igual que como se acumula el ozono”*):

- ✓ Efecto invernadero a nivel regional (superpuesto al invernadero global del CO₂ y metano)
- ✓ Efecto de pérdida de tormentas en verano con la rotura del equilibrio hídrico en la costa agudizado con la pérdida de los humedales costeros.
- ✓ Efecto de incremento de episodios e intensidad de lluvias torrenciales

A pesar de todo era optimista: se pueden revertir los cambios

UN RESUMEN:

-EXPERIMENTALISTA CONVENCIDO

- contribuyó a los cambios operados en la comprensión de la contaminación del aire como un fenómeno mas allá del impacto local dentro de un entorno urbano aislado o un mismo estado (aviones-helicópteros instrumentados, detección remota a larga distancia, transporte trans-fronterizo). Contribuyó al establecimiento de las bases científicas para el desarrollo e implementación de medidas correctoras/vigilancia subsiguientes a nivel de la UE, que se han ido introduciendo en la legislación.
- aportó aproximaciones originales a la comprensión-interpretación de las observaciones
- siempre abierto a nuevas ideas de sus colaboradores (contrastadas con observaciones)
- Pese a sus críticas a algunos tipos de modelos que no reproducían sus observaciones, usó aquellos modelos capaces de reproducir los fenómenos observados en las campañas: le aportaron una perspectiva mas global de las circulaciones en la Europa mediterránea
- disposición a la enseñanza de sus conocimientos tanto en ambientes académicos como divulgativos
- se rodeó siempre de grupos multidisciplinares (el medio ambiente los requiere). Nuestro grupo de Bilbao colaboró con él desde el año de su incorporación en Labein (1981) en todos los proyectos mostrados, y algunos más, incluso después de su jubilación, incluyendo sus presentaciones a nuestros alumnos de doctorado y másteres Ambientales en la Escuela de Ingeniería de Bilbao



LA GRAN FAMILIA DE EXCURSIÓN

COSTA DE BIZKAIA



SORIA



SANTUARIO DE ORO
(ZUYA, ARABA)



VALBONA





Y nos disfrazó a todos...

MILLÁN DR. HONORIS CAUSA



LA VIEJA GUARDIA Y EL
RELEVO GENERACIONAL
CELEBRANDO
JUBILACIONES EN “LA
SOCIEDAD BILBAINA”