

**INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INTERCAMBIO
PROGRAMA DE COOPERACION CIENTIFICA ECOS-CONICYT
CONVOCATORIA : 2004**

I.- IDENTIFICACION
Código: C03U04
Título: Impactos de aerosoles naturales y antrópicos en los estratocúmulos costa afuera de Chile/ Impact des aérosols naturels et anthropiques sur les champs de stratocumulus au large du Chili
I.- INSTITUCIONES PARTICIPANTES
Francia: Laboratoire d'Optique Atmosphérique (UMR 8518) y Laboratoire de Météorologie Dynamique (UMR 8539)
Chile: Centro de Modelamiento Matemático de la Universidad de Chile (CNRS UMI 2807) y Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile
2.- INVESTIGADORES RESPONSABLES DEL PROYECTO
Francia:
Nombre y Apellido : Hervé LE TREUT Grado Académico: : DR CNRS 1 ^{ère} classe
Fono: (33) 01 44 32 22 29 Fax : (33) 01 43 36 83 92 Correo Electrónico: letreut@lmd.ens.fr
Chile:
Nombre y Apellido : Laura Gallardo Klenner Grado Académico: PhD
Fono: 56-2-9784882 Fax : 56-26889705 Correo Electrónico: lgallard@dim.uchile.cl
3.- LISTADO DE LOS INVESTIGADORES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO
<ul style="list-style-type: none">• (Indique las funciones dentro del proyecto y su grado académico)• (Señale con un asterisco aquellos que usaron fondos del programa ECOS-CONICYT)
Francia:
<ul style="list-style-type: none">• Olivier BOUCHER (DR2 CNRS, LOA) hasta la mitad del proyecto (En 2005 emigra a la Oficina Meteorológica del Reino Unido)• Marie DOUTRIAUX-BOUCHER (Maître de conférences, LOA/USTL), hasta la mitad del proyecto (En 2005 emigra a la Oficina Meteorológica del Reino Unido)• Bruno SPORTISSE (ingénieur CEREVE Ecole Nationale des Ponts et Chaussées)• Isabelle CHIAPELLO* (CR1 CNRS, LOA), reemplaza a Olivier Boucher• Jean-François LEON* (CR2 CNRS, LOA), reemplaza a Marie DOUTRIAUX-BOUCHER
También :
<ul style="list-style-type: none">• Nicolas HUNEEUS (Thèse CNES – Région Nord-Pas-de-Calais), LOA• Hervé LE TREUT (DR1 CNRS), LMD
Chile:
<ul style="list-style-type: none">• Laura GALLARDO *, Centro de Modelamiento Matemático de la Universidad de Chile (PhD), Investigadora Responsable• José RUTLLANT*, Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile (PhD), Co-Investigador• David PAINEMAL*, Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile (MSc),

Estudiante/Ayudante de Investigación

- Cindy MORA*, Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile (MSc(C)),
Estudiante/Ayudante de Investigación
- , Universidad de Valparaíso

4. - NUMERO DE MISIONES CHILE-FRANCIA : 4

- NUMERO DE MISIONES FRANCIA-CHILE : 4

5. - NUMERO DE PASANTIAS CHILE-FRANCIA :2

- NUMERO DE PASANTIAS FRANCIA-CHILE :0

II.- RESULTADOS DEL PROYECTO

1- PUBLICACIONES (Sólo serán consideradas aquellas que hacen mención al Programa ECOS-CONICYT)

Adjuntar en un anexo, para cada uno de los acápitales siguientes, el listado de referencias precisas indicando los nombres de los autores, el nombre de las revistas o editores, el año, número de las páginas...

- 1.a Artículos producidos, en prensa o aceptados para su publicación en revistas de nivel internacional
(adjuntar copia de cada uno de ellos)
- artículos co-firmados (adjuntar copia de cada uno de ellos)

- Huneeus, N., L. Gallardo, and J.A. Rutllant, *Offshore transport episodes of anthropogenic sulphur in northern Chile: Potential impact on the stratocumulus cloud deck*, *Geophysical Research Letters*, 33, L19819, doi: 10.1029/2006GL026921, 2006.

- 1.b Artículos producidos, en prensa o aceptados para su publicación en revistas de nivel nacional
(adjuntar copia de cada uno de ellos)
- artículos co-firmados (adjuntar copia de cada uno de ellos)

- 1.c Artículos publicados en otras revistas

- 1.d Capítulos de libros (adjuntar una fotocopia de la portada y del índice)

- 1.e Libros editados y/o publicados (adjuntar copia de la portada)

- 1.f Material audiovisual (anexar información precisa)

- 1.g Artículos publicados en Actas de Congresos (nacionales o internacionales)

- artículos co-firmados (adjuntar copia de cada uno de ellos):

- Huneeus, N., L. Gallardo, and José A. Rutllant, *Offshore transport episodes of anthropogenic sulphur in northern Chile: Potential impact on the stratocumulus cloud deck*, , 14th conference on interaction of the sea and atmosphere, AMS, Atlanta (USA), January 2006.
- Oyanadel, A., D. Painemal, J.F. Léon, I. Chiapello, and L. Gallardo, *Aerosol loading over Santiago de Chile (33°.3'S 70°.5'W, 500 m.a.s.l): a comparison between satellite and in situ measurements*, *Proceedings of the 8th ICSHMO (International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography)*, pp. 149-155, Foz do Iguaçu, Brazil, April 2006.

- 1.h Otros resultados (anexar información en detalle)

Formulación de nuevos proyectos y expansión de red colaboración

2. PARTICIPACION EN SEMINARIOS Y/O CONGRESOS

Adjuntar en anexo, para cada uno de los acápitones siguientes: nombre de los autores, fotocopia de la presentación realizada, nombre, fecha y lugar del evento)

2.a Presentaciones orales u escritas en congresos o seminarios internacionales

- Huneeus, N., L. Gallardo, and José A. Rutllant, *Offshore transport episodes of anthropogenic sulphur in northern Chile: Potential impact on the stratocumulus cloud deck*, , 14th conference on interaction of the sea and atmosphere, AMS, Atlanta (USA), January 2006.
- Painemal, D., Rutllant, J., Garreaud, R.: *Mesoscale Stratocumulus Cloud Pattern around San Félix Island*. 14th conference on interaction of the sea and atmosphere, AMS, Atlanta (USA), January 2006.
- Painemal, D., Rutllant, J., Garreaud, R.: *Stratocumulus Cloud Variability around San Felix Island*. En preparación. Póster a ser presentado en “The 8th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography”, Abril de 2006, Foz do Iguaçu, Brasil.
- Oyanadel, A., D. Painemal, J.F. Léon, I. Chiapello, and L. Gallardo, *Aerosol loading over Santiago de Chile (33°.3'S 70°.5'W, 500 m.a.s.l): a comparison between satellite and in situ measurements*, 8th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Foz do Iguaçu, Brazil, April 2006.
- Painemal, D., and Gallardo, L. 2006. *Variability in cloud droplet number concentrations offshore Northern Chile and Southern Peru since the 1990's: assessing the potential impact of sulfur aerosols on cloud optical properties*. Joint IGAC/CACGP/SOLAS/WMO Symposium: Atmospheric Chemistry at the interfaces, The 9th Scientific Conference of the IGAC Project. 17-23 September 2006, Cape Town, South Africa.

2.b Presentaciones en congresos y/o seminarios nacionales

- Laura Gallardo, Laboratoire d'Optique Atmosphérique, “Impacts of natural and anthropogenic aerosols on the stratocumulus deck off Chile”, Mayo 2004
- José Rutllant, Laboratoire de Meteorologie Dynamique (Ecole Polytechnique, Palaiseau), « Synoptic scale analysis of light-rainfall episodes at San Felix Island (80 W, 27 S): Jan-Jul 2003”, Julio de 2004
- Isabelle Chiapello, Departamento de Geofísica, Universidad de Chile, “Understanding the long-term variability of African dust as recorded in surface concentrations and TOMS observations”, Octubre de 2005
- Jean-François Léon, Centro de Modelamiento Matemático, Universidad de Chile, “Aerosol remote sensing from PARASOL and the A-Train”, Octubre de 2005
- Jean-François Léon, Centro de Modelamiento Matemático, Universidad de Chile, “Aerosol remote sensing from Space and Application to Air Quality”, Noviembre de 2006.
- José Rutllant, Laboratoire d'Optique Atmosphérique, « Présentation du projet VOCALS», Febrero de 2007

3. DIRECCION DE TESIS

Adjuntar en anexo, para cada uno de los acápitones siguientes, la lista de referencias precisas: nombre de los tesis, título de la tesis, Universidad y una fotocopia de la portada

- 3.a Tesis de doctorado realizadas por chilenos en Francia. Indicar si son cotutela (Nombre y Fecha)
- 3.b Tesis de doctorado realizadas por chilenos en Chile. Indicar si son en cotutela (Nombre y Fecha)
- 3.c Tesis de doctorado realizadas por franceses o chilenos en el país. Indicar si son en cotutela
- 3.d Memorias de D.E.A. realizadas por chilenos (Nombre y Fecha)
- 3.e Tesis de Magister (Nombre y Fecha)
- *David PAINEMAL, “Caracterización de la Cobertura de Estratocúmulos en el Pacífico Suroriental: Estudio de Patrones de Mesoescala en Isla San Félix”, MSc Geofísica/Meteorología e Ingeniería Eléctrica, Universidad de Chile. Marzo de 2006.*
- 3.f Otro tipo de memorias (adjuntar información complementaria en anexo)
- *Alejandra OYANADEL, “Comparación y análisis de observaciones remotas e in situ de carga de aerosoles en Chile”. Memoria de título de Meteorología, Universidad de Valparaíso. Enero de 2007*

4. OTROS RESULTADOS. Señale su participación en cursos de postgrado. Indicar las referencias de éstos.

5. PLANTEAMIENTO CIENTIFICO. Esta exposición debe incluir los siguientes aspectos:

- a. Exposición sucinta, que permita su evaluación, con indicación precisa de la contribución de cada uno de los participantes.

La contraparte francesa, en general, contribuyó en cuanto a la capacitación en el uso de varios productos satelitales y el análisis de los mismos, así como de otros instrumentos ópticos. También fueron claves en cuanto a la definición de escenarios y focos de investigación.

Respecto a la contraparte chilena:

Laura Gallardo actuó como coordinadora del proyecto y científicamente ha contribuido con la aplicación y evaluación de modelos de dispersión al estudio de la distribución de escala regional de azufre oxidado en Chile central y norte. También ha actuado como guía de la memoria profesional de la alumna Alejandra Oyanadel. Por otra parte, durante 2006, dirigió el trabajo de investigación desarrollado por David Painemal en el Centro de Modelamiento Matemático.

José Rutllant ha contribuido en el análisis y evaluación de simulaciones meteorológicas y en la identificación de patrones de circulación en la zona de estudio. También actuó como profesor guía de la tesis de magíster de David Painemal.

Los alumnos David Painemal, Alejandra Oyanadel y Cindy Mora aportaron con el análisis de datos y el desarrollo de algoritmos y rutinas de cálculo así como en la redacción de presentaciones y artículos.

- b. Análisis de la relación entre los objetivos planteados al inicio del proyecto y los objetivos alcanzados

Inicialmente, bajo la co-dirección ejecutiva de Olivier Boucher, se planteó:

- *Mejor aquilar la distribución regional de azufre oxidado, tanto de origen antrópico como natural, y evaluar su impacto potencial sobre las propiedades de la capa de nubes estratiformes que prevalecen sobre el mar y bajo la Alta del Pacífico.*
- *Fortalecer los lazos con otras actividades de investigación y comunidades científicas,*

especialmente aquellas que trabajan en sensoramiento remoto de nubes y aerosoles en Francia y modelación dinámica de las interacciones océano-atmósfera en Chile

El primer objetivo ha sido parcialmente alcanzado como se manifiesta en el trabajo de Huneus et al (2006). Lamentablemente, dado el traslado de Olivier Boucher, no se pudo avanzar en la aplicación del modelo francés (LMDZ) por parte del equipo en Lille. La contraparte chilena ha, por su parte, continuado ese trabajo habiéndose avanzado en la simulación de las fuentes volcánicas de azufre oxidado (Gallardo et al, 2007¹).

El segundo objetivo ha sido alcanzado en cuanto estas herramientas forman hoy parte de las actividades de la contraparte chilena, habiéndose consolidado la colaboración con LOA y extendido a otras comunidades, por ejemplo, a través de NASA (<http://www.nasa.gov>).

Por otro lado, la incorporación de los investigadores Isabelle Chiapello y Jean-François Léon amplió el ámbito de actividades al análisis de mediciones remotas de aerosoles en las ciudades de Santiago y Arica donde se compararon productos satelitales con mediciones espectrofotométricas y mediciones in situ de material particulado. También se avanzó en la caracterización de emisiones de polvo desde el desierto de Atacama (Pasantía de D. Painemal).

En el caso de Santiago se mostró que la caracterización de suelos y los modelos de aerosoles presentes en los productos operacionales de la plataforma MODIS (<http://modis.gsfc.nasa.gov>), así como la frecuente perturbación de las observaciones debidas a la presencia de cirrus, hacen inviable, en la actualidad, la aplicación de esta herramienta para el sensoramiento de material particulado respirable en Santiago (Oyanadel et al, 2006).

En el caso de Arica, las observaciones del fotómetro AERONET (<http://aeronet.gsfc.nasa.gov>), sugieren la presencia recurrente de aerosoles no absorbentes, particularmente en verano (Pasantía de Cindy Mora). El origen de estos aerosoles puede estar ligado a las emisiones antrópicas y naturales de azufre oxidado así como, en menor medida, a la presencia de aerosoles marinos. Este trabajo se encuentra en desarrollo y debiera dar lugar a una publicación en una revista de corriente principal.

Durante la pasantía de David Painemal se evaluó la aplicación de sensoramiento remoto para la estimación de emisiones de polvo desértico. Se encontró que dichas emisiones no parecen ser significativas y que la aplicación de las técnicas infrarrojas descritas por Legrand et al. (2001)² se ve enormemente dificultada por la presencia de estratos costeros y por los grandes gradientes térmicos de la zona.

c. Indicación de las consecuencias científicas u económicas de los resultados obtenidos

En lo científico cabe destacar la mejor ponderación de los datos y productos satelitales y su aplicabilidad en la zona del Pacífico suroriental, así como el avance y consolidación en el área de las interacciones entre aerosoles, nubes y radiación, particularmente en lo referente a su modelación

¹ Gallardo, L., Ekman.AM.L., Amigo. A., and Engardt, M.: Fumarolic activity from Andean volcanoes as a source of aerosols in the upper troposphere. Manuscrito.

² Legrand, M., A. Plana-Fattori, and C. N'Doume', Satellite detection of dust using the IR imagery of Meteosat, 1, Infrared difference dust index, J. Geophys. Res., 106, 18,251–18,274, 2001.

regional.

- d. Indicación de los impactos generados por el proyecto a nivel de la formación y de la investigación en cada uno de los equipos

Para la contraparte chilena este proyecto ha constituido una instancia de capacitación y motivación de estudiantes de ciencias e ingeniería. Todos los alumnos involucrados han continuado estudios superiores y dos de ellos en áreas afines: David Painemal se encuentra cursando un doctorado en la Universidad de Miami en el área de aerosoles y nubes; Alejandra Oyanadel está cursando un MSc en Meteorología y Climatología en la Universidad de Chile. En el caso de Cindy Mora, es posible que su tesis verse sobre emisiones volcánicas, vinculando investigación geofísica en tierra sólida y atmósfera.

- e. Perspectivas futuras en las líneas de investigación de ambos equipos

El equipo chileno está participando activamente en las actividades del programa VOCALS (<http://www.eol.ucar.edu/projects/vocals/>), bajo el marco del cual en la primavera de 2008 se llevará una campaña de observaciones intensivas costa afuera de Chile. Esta colaboración ha contribuido sustantivamente a nuestra participación en dicha campaña.

Con nuestros colegas franceses evaluamos la posibilidad de enviar una nueva propuesta ECOS pero decidimos buscar otros canales distintos a ECOS. Esto no obedece a nuestra apreciación científica sino que a las condiciones económicas previstas para la participación de investigadores chilenos, la cual consideramos insuficiente pues sólo se cubre el 50% de los pasajes, no se considera el pago de seguros obligatorios y los viáticos en Francia son significativamente inferiores a los gastos por alojamiento y alimentación.

- f. Otros resultados del proyecto

Ver: http://www.dim.uchile.cl/~lgallard/Ecos_CO3U04.htm

6. Señale si la cooperación apoyada por el Programa ECOS-CONICYT ha permitido desarrollar otros aspectos de cooperación internacional

Fecha: Santiago, Abril de 2007

Nombre y firma del responsable del proyecto:

Laura Gallardo Klenner, Investigadora Responsable

Nombre y firma del responsable de la unidad de investigación a la que pertenece el responsable del proyecto:

Rafael Correa Fontecilla, Director del Centro de Modelamiento Matemático