

CONVENIO

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES (UBA)

Y

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

"ESTUDIO DE DISPERSION ATMOSFERICA DE CENIZAS
PRODUCIDAS POR LA ERUPCION DEL VOLCAN HUDSON"

INFORME DE AVANCE

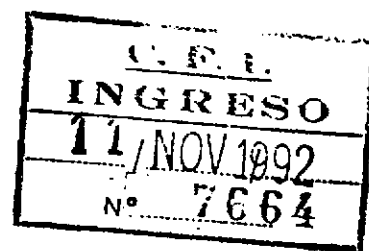
noviembre 1992

0/4310
B15
I

x15



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES



Buenos Aires, 11 de noviembre de 1992.

Lic. Rubén Daffinoti
Consejo Federal de Inversiones
San Martín 871, Capital

De mi consideración:

Por la presente le adjunto el Informe de Avance, en 4 ejemplares, correspondiente al convenio "Estudio de dispersión atmosférica de la cenizas del volcán Hudson", suscripto oportunamente entre ese Consejo y la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA)

Sin otro particular, saludo a Ud. atte.

Dr. Guillermo J. Berri
Responsable Técnico UBA

ESTADO DE AVANCE

CUMPLIMIENTO DEL CRONOGRAMA

Punto A.- Recopilación de antecedentes, cumplimiento total.

Punto B.- Formulación del modelo de transporte de partículas a grandes distancias, avance hasta el segundo mes (no total)

DIRECTOR DEL ESTUDIO

Dr. Guillermo J. Berri⁽¹⁾

COLABORADORES

Lic. Ana María Olalde⁽²⁾

Lic. Juan Carlos Torres⁽³⁾

LUGAR DE REALIZACION

Departamento de Ciencias de la Atmósfera, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA

Centro de Investigaciones de la Dinámica del Mar y la Atmósfera (CIMA), CONICET

(1) Profesor Adjunto UBA, Investigador Independiente CONICET

(2) Becaria de Perfeccionamiento CONICET

(3) Becario de Iniciación CONICET

1. CONVOCATORIA

Las cenizas despedidas por la erupción del volcán Hudson se constituyeron en un desastre ecológico en la zona central de la provincia de Santa Cruz. En los lugares de depósito de esa ceniza se produjo un grave deterioro de la vegetación que incluso llevó a la destrucción de los cultivos y a la muerte del ganado ovino que constituye una fuente primaria de recursos de la región. Además, esta ceniza produce serios perjuicios a la salud de la población por su efecto nocivo para las vías respiratorias.

Pero los efectos perniciosos no se agotan allí ya que además afectan al transporte al reducirse la visibilidad cuando el viento levanta la ceniza del suelo. También se afectan los bienes, las máquinas y herramientas por el efecto corrosivo que ejercen las partículas de polvo.

Esta ceniza está en movimiento, por la acción del viento pero además se incorpora al suelo por compactación y por la acción de la lluvia.

Resulta entonces indispensable estudiar el riesgo que a mediano y largo plazo pueda provocar todo ese material, como así también evaluar cuál es el tiempo que permanecerán esas cenizas en la región y cuál es la probabilidad de que ellas sean removidas. En este último caso es necesario también determinar los nuevos lugares donde se depositarán.

En el mes de octubre de 1991 el Consejo Federal de Inversiones, a raíz de la preocupación planteada por la provincia de Santa Cruz por los serios inconvenientes que provocaban sobre las personas y los bienes las cenizas que se hallaban depositadas sobre amplias zonas de esa provincia a consecuencia de la erupción del volcán Hudson, convocó al Departamento de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad de Buenos Aires para que realizara un estudio de dispersión atmosférica de las mismas.

Como consecuencia de estos contactos se aprobó un Convenio entre estas dos Instituciones, que fué finalmente ratificado por el

Consejo Superior de la Universidad de Buenos Aires el 23 de setiembre de 1992. Si bien es ésa la fecha formal de entrada en vigencia del convenio, se decidió comenzar la búsqueda de antecedentes con anticipación a fin de no demorar el inicio de los estudios.

2. REUNIONES CON LOS TECNICOS RESPONSABLES POR PARTE DE LA PROVINCIA DE SANTA CRUZ

En el mes de mayo de 1992 se realizó una visita de dos días a la ciudad de Río Gallegos por parte del responsable de la dirección de estos estudios, el Dr. Guillermo J. Berri del Departamento de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad de Buenos Aires y del responsable de la supervisión de los estudios por parte del Consejo Federal de Inversiones, el Lic. Rubén Daffinoti.

Durante esta visita se tomó contacto con la Lic. María Elena Palacios, vicepresidente del ente de Fomento Minero de Santa Cruz (Fomicruz) y el Lic. Carlos Baetti de la Universidad Federal de la Patagonia Austral.

También se tomó contacto con técnicos de la Estación Experimental Agrícola Santa Cruz del INTA, el Veterinario Guillermo Clifton, los Ingenieros Agrónomos Carlos Paz y Carlos Cheppi, el Geólogo Jorge Caballero y la Licenciada Amanda Manero.

Durante estas reuniones se planteó la necesidad de identificar un conjunto de puntos que puedan ser considerados como representativos de diferentes zonas. En estos puntos se debería realizar un relevamiento sistemático del manto de ceniza con una frecuencia, de ser posible, mensual. El objetivo de este relevamiento es el de poder determinar, con la mayor objetividad posible, las variaciones a lo largo del tiempo de la distribución del manto de cenizas.

3. OTROS CONTACTOS REALIZADOS

Durante la 17ava. Reunión de la Asociación Argentina de

Geofísicos y Geodestas, realizada en Buenos Aires en el mes de octubre de 1992 se tomó contacto con el Dr. Dante Figueroa de la Universidad de Concepción, Chile, quien se encuentra trabajando también en este tema y con quien se acordó mantener contacto e intercambiar información en relación a los respectivos avances. Asimismo, el Dr. Figueroa se comprometió a ponernos en contacto con otro grupo de geofísicos de la Universidad de la Frontera, Temuco, Chile, que también se hallan trabajando en el tema.

También se tomó contacto con el Dr. Hugo Corbella, cuya especialidad es la vulcanología y que desde el momento de la erupción se encuentra trabajando en el tema. Con el Dr. Corbella se acordó realizar una reunión conjunta con el supervisor de estos estudios por parte del CFI, el Lic. Rubén Daffinoti, a fin de coordinar las acciones de ambos grupos.

4. PLANTEO DEL PROBLEMA FISICO

Desde el punto de vista meteorológico se puede considerar a éste como un típico caso de dispersión atmosférica de material particulado. La dispersión de sustancias en la atmósfera depende de tres aspectos básicos que son:

- 1) las características físicas de la fuente emisora,
- 2) la situación meteorológica, y
- 3) los detalles físicos de la superficie terrestre sobre la cual se desplaza el material emitido.

La situación meteorológica queda determinada por un conjunto de variables entre las que es fundamental la dirección y la velocidad del viento. A este conjunto se agrega la temperatura, la humedad, la nubosidad y eventualmente la radiación solar.

Tradicionalmente, todas la metodologías de estudio de la dispersión atmosférica se han orientado a la solución de los problemas planteados por la dispersión de sustancias gaseosas, ya que constituyen los efluentes más comunes. En este aspecto mucho se

ha hecho y existen metodologías de probada eficacia en todo el mundo. En el caso particular de nuestro país, el autor las ha desarrollado y aplicado al estudio del impacto radiosanitario de instalaciones nucleares argentinas cuando actuó, durante 5 años, como asesor de la Comisión Nacional de Energía Atómica.

Pero la dispersión de material particulado es diferente y ello responde a 3 motivos fundamentales. Primero, porque se trata de un problema mucho menos frecuente que el de la dispersión de sustancias gaseosas y por ello ha sido menos estudiado. Segundo, porque la emisión depende en gran medida de diferentes parámetros meteorológicos, como por ejemplo el viento, lo que le otorga un carácter mucho más variable que complica su estudio. Tercero, porque el proceso de dispersión es mucho menos aleatorio ya que no participan los mecanismos de agitación molecular y, además, la mezcla turbulenta tiene menos incidencia.

Estas dos últimas razones impiden una simple extrapolación de los métodos tradicionales empleados en el estudio de la dispersión atmosférica, como ser los de la pluma gaussiana.

En general, son pocos los antecedentes sobre la dispersión de material particulado y en nuestro país no hay una metodología que pueda ser aplicada en forma inmediata. Probablemente, no deben existir en el mundo antecedentes tan específicos como el planteado en este caso.

Por lo tanto, se considera necesario proceder a la adaptación a este estudio de metodologías de dispersión atmosférica en escala regional desarrolladas con otros fines.

De todos modos es importante destacar que este estudio tiende a obtener una evaluación global de la dispersión atmosférica de la ceniza volcánica y no de la evolución que sobrellevará cada médano en particular ya que para ello sería necesario disponer de información meteorológica detallada (varios puntos de observación), en un entorno de pocos kilómetros alrededor de cada uno de ellos.

Considerando la multiplicidad de médanos y zonas de máximo depósito de ceniza, la magnitud del equipamiento meteorológico necesario implicaría un presupuesto fuera de toda lógica si no se

realiza primero un estudio general orientado a entender los aspectos más globales del problema. Es justamente a este último aspecto al que apunta este estudio.

5. RECOPIACION DE ANTECEDENTES SOBRE ERUPCIONES VOLCANICAS

Por gentileza del Dr. Bernard Mendonca, del Climate Monitoring and Diagnostic Laboratory (NOAA) de Boulder, Colorado, Estados Unidos, se obtuvo una lista completa de referencias acerca de la dispersión atmosférica de cenizas volcánicas a través del Servicio de Información Bibliográfica Dialog.

6. RELEVAMIENTO DE LA INFORMACION RELATIVA A LA ERUPCION Y SUS CONSECUENCIAS

Durante la visita a Río Gallegos comentada en el Punto 2. de este informe se obtuvo un ejemplar de la revista Waxen, publicada por el Rectorado de la Universidad Federal de la Patagonia Austral, que contiene un informe de avance al 15 de setiembre de 1991, acerca de los efectos de la erupción del volcán Hudson.

En esta revista se encuentra el único mapa isopáquico de que disponemos y que detalla los depósitos de ceniza volcánica producto de la erupción.

Asimismo se ha solicitado a la Provincia de Santa Cruz, a través del Consejo Federal de Inversiones, los resultados del relevamiento que los técnicos de esa provincia llevaron a cabo en el mes de abril de 1992.

7. RELEVAMIENTO DE LA INFORMACION METEOROLOGICA

La información básica a utilizar para realizar este estudio incluye datos de dirección y velocidad del viento, precipitación, temperatura, humedad y nubosidad de todas las estaciones meteorológicas sinópticas de superficie ubicadas en el centro norte de la provincia de Santa Cruz y la provincia de Chubut y de un

período mínimo de 10 años. Esta información se halla disponible en el Banco de Datos del Departamento de Ciencias de la Atmósfera (UBA).

Asimismo ya se ha solicitado al Servicio Meteorológico Nacional esa misma información pero de las planillas originales, es decir no digitalizadas aún, desde la fecha de la erupción hasta el presente.

La primera parte del estudio consiste en un análisis climatológico de los datos de viento en la región. Para ello se realizó un relevamiento de la información existente en el Banco de Datos mencionado.

Se utilizan los datos de dirección e intensidad del viento que han sido medidos en las estaciones meteorológicas sinópticas disponibles en la región. Estas estaciones son: Comodoro Rivadavia, Río Gallegos, San Julián, Perito Moreno, Gobernador Gregores y Puerto Deseado. A pesar de que las observaciones meteorológicas se realizan en forma horaria, sólo se encuentran digitalizados los datos correspondientes a las cuatro horas principales de observación que en nuestro país coinciden con la hora local 3, 9, 15 y 21. Los datos que se utilizan corresponden a la década más reciente disponible en el Banco de Datos del Departamento de Ciencias de la Atmósfera, que va de 1975 a 1984. Una década es un lapso de tiempo lo suficientemente grande como para realizar un análisis climatológico.

Se diagramaron tablas en las que se cuenta el número de datos disponibles para cada año, cada mes y cada hora, en cada una de las estaciones meteorológicas mencionadas. El objetivo de este relevamiento es verificar el grado de disponibilidad de tal información.

El conjunto de Tablas I a VI muestra el número de observaciones disponibles discriminadas por año, mes y hora de observación, en cada una de la seis estaciones meteorológicas mencionadas.

La Tabla I corresponde a los datos de la estación Comodoro Rivadavia que se encuentra completa ya que falta únicamente una observación correspondiente a la hora 9 del mes de Noviembre del

año 1983.

La Tabla II muestra el relevamiento de los datos correspondientes a la estación Río Gallegos. En esta estación faltan los datos correspondientes a la hora 3 de los meses de Abril, Mayo, Junio y Julio del año 1975. También faltan los datos correspondientes al mes de Agosto de 1979.

En la Tabla III se muestran lo propio para los datos de la estación meteorológica San Julián. En esta estación faltan los datos correspondientes a la hora 3 para toda la década a excepción de los meses de Mayo de 1982 y de Junio de 1984. Para las demás horas, todos los años son completos a excepción de 1975 (en que falta el mes de Octubre) y 1978 (en que falta el mes de Noviembre).

La Tabla IV corresponde a los datos de la estación Puerto Deseado en la que faltan los datos correspondientes a la hora 3, para toda la década. Los años incompletos para el resto de las horas son: 1979 (faltan los meses de Marzo y Julio), 1980 (falta el mes de Diciembre), 1981 (faltan los meses de Enero, Febrero y Mayo) y 1982 (faltan los meses de Febrero, Agosto, Septiembre y Octubre).

La Tabla V resume el relevamiento de los datos de la estación Gobernador Gregores. En esta estación faltan los datos correspondientes a la hora 3 para toda la década, a excepción del mes de junio de 1982. Para las demás horas, los únicos años totalmente completos son 1975 y 1976. En el año 1977, faltan los datos correspondientes al mes de Febrero. En el año 1978, faltan los datos correspondientes a los meses de Septiembre y Octubre. El año 1979 no tiene datos. En el año 1980 faltan los datos de los meses que van de Enero a Agosto inclusive y también el mes de Diciembre. En el año 1981 faltan los datos correspondientes a los meses de Enero, Febrero y Marzo. En el año 1982 faltan los datos correspondientes a los meses de Febrero y Marzo. En el año 1983 faltan los datos de los meses de Febrero y Mayo. Finalmente, en el año 1984 faltan los datos correspondientes a los meses de Enero, Febrero, Marzo, Junio y Julio.

La Tabla VI muestra el resultado del relevamiento de los datos correspondientes a la estación Perito Moreno. En esta estación no

se dispone de los datos de los años 1979, 1980, 1981 y 1982. Ningún año de la década está totalmente completo. En toda la década faltan los datos correspondientes a la hora 3. En cuanto a las demás horas, el año 1975 no dispone de los meses de Enero hasta Abril inclusive. En el año 1976 faltan los meses de Noviembre y Diciembre. El año 1977 cuenta únicamente con los datos de Diciembre, mientras que en el año 1978 se dispone sólo de los datos correspondientes a los meses de Enero, Marzo y Noviembre. En el año 1983 faltan los meses de Enero, Febrero y Noviembre. En el año 1984 faltan los datos correspondientes a los meses de Febrero, Abril, Mayo y Junio.

Del análisis de estos resultados se puede concluir que las estaciones meteorológicas sinópticas Comodoro Rivadavia y Río Gallegos cuentan con información suficientemente completa para la realización del estudio climatológico. En cuanto a las estaciones San Julián, Puerto Deseado, Gobernador Gregores y Perito Moreno falta la observación de la hora 3. Por lo tanto, no podrán ser utilizadas para el estudio climatológico de esa hora.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de la disponibilidad de información de estas seis estaciones meteorológicas:

Estación	Meses faltantes	Años completos faltantes	Información disponible (%)	hora 3
San Julián	2	-	99	no
Pto. Deseado	10	-	92	no
Gob. Gregores	35	1979	70	no
Perito Moreno	81	1979 a 1982	33	no
Com. Rivadavia	-	-	100	si
Río Gallegos	1	-	99	si

Las estaciones meteorológicas San Julián y Puerto Deseado pueden considerarse como razonablemente completas. La estación Gobernador Gregores es parcialmente completa ya que tiene un porcentaje de información del 70 %. La estación Perito Moreno no

resulta apta para ser utilizada en un análisis climatológico dado que el porcentaje de información disponible es de solamente 33 %.

8. ENFOQUE DEL MODELO DE DISPERSION ATMOSFERICA A APLICAR

Las características de la emisión del volcán Hudson, cuyas cenizas alcanzaron alturas de más de 10 kilómetros y cubrieron extensas zonas de la región central de la provincia de Santa Cruz, imponen el empleo de modelos de dispersión atmosférica no convencionales.

Es conveniente dividir al estudio de dispersión de estas cenizas en 2 etapas. La primera etapa incluye la erupción y la posterior deposición del material emitido sobre el terreno. Esto se desarrolló en dos episodios, el primero de ellos tuvo lugar entre el 8 y 9 de agosto y el segundo entre el 12 y el 15 de agosto de 1991 respectivamente. Una vez depositada la ceniza sobre el terreno comienza la segunda etapa en la que ésta es levantada del suelo por la acción del viento y transportada, en algunos casos, hasta varios centenares de kilómetros de su lugar de origen. Este último es un proceso intermitente pero que se desarrolla en forma permanente.

En la primera etapa, y con el fin de poder determinar el movimiento seguido por el material emitido por el volcán, se emplea un modelo computacional de pronóstico en escala regional desarrollado en el Departamento de Meteorología de la Universidad de Utah, Estados Unidos. Este modelo es capaz de pronosticar, instante a instante, el viento, la temperatura, la presión atmosférica y la humedad del aire desde la superficie terrestre hasta la baja estratósfera. El límite superior del dominio de pronóstico puede ser colocado a una altura arbitraria, con la única condición de disponer de datos por encima de ese nivel.

Estos pronósticos se utilizan luego para la determinación de las trayectorias que han de seguir parcelas de aire, mezcladas con cenizas, ubicadas a diferentes alturas sobre la vertical del volcán. Una integración de esas trayectorias iniciadas a distintas alturas debería dar una estimación del desplazamiento de la nube

volcánica. En las pruebas preliminares para este estudio, el tope del modelo fue ubicado a 11000 metros de altura sobre la superficie terrestre y los niveles en los que se realizan los pronósticos, expresados en metros sobre el terreno, son los siguientes: 0.01, 1, 10, 100, 300, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000 y 11000.

El primer paso consistió en la adaptación del modelo de pronóstico a la región central y austral de la patagonia. Para ello fué necesario definir una red de puntos en la horizontal donde se producirán los pronósticos. Esta red consta de 17 puntos en la dirección O-E y 17 en la dirección S-N y se muestra en la Figura 1. Los límites oriental y occidental fueron ubicados en 62°O y 78°O respectivamente, mientras que los límites norte y sur se encuentran en 38°S y 54°S . De esta forma, la separación entre puntos en la horizontal, tanto en latitud como en longitud, es de 1° . Esto representa, en la dirección O-E, una distancia entre puntos de la red que varía de 88 kilómetros en el límite norte del dominio a 66 kilómetros en el límite sur, mientras que en la dirección S-N esta distancia es de 111 kilómetros.

Para realizar un pronóstico el modelo necesita contar con los valores iniciales de las alturas geopotenciales de la superficies isobáricas standard, el viento, la temperatura y la humedad relativa. El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) proporcionó los análisis de las 9 hs local, correspondientes a las alturas geopotenciales de los niveles standard de 1000, 850, 700, 500, 300 y 200 hectopascales para los días en que se produjo la erupción del volcán, con excepción de los datos correspondientes al día 9 de agosto de 1991 ya que estos no se encuentran disponibles.

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) utiliza una red de puntos rectangular que no coincide con los puntos definidos en el modelo, ya que estos se ubican a lo largo de paralelos y meridianos. Por esta razón, fue necesario determinar las coordenadas geográficas de los puntos de retícula utilizados por el SMN, para luego interpolar los valores de geopotencial a la red de puntos utilizada por el modelo.

El viento fue obtenido a partir de los valores de geopotencial, asumiendo la existencia de un equilibrio geostrófico en los datos iniciales. De esta manera se generaron las componentes O-E y S-N del viento en cada uno de los puntos de la red y en cada uno de los niveles standard mencionados.

El campo de temperatura se construyó a partir de una temperatura de 5°C a nivel medio del mar y un gradiente térmico vertical de -6.5°C/km en todo el dominio de integración del modelo. Para la humedad relativa fue asignado un valor constante en cada uno de los niveles standard. En breve el SMN proporcionará los datos de los radiosondeos correspondientes a los días de las erupciones. De esta forma se podrá hacer una estimación más realista de los campos iniciales de temperatura y humedad relativa a partir de los cuales se realizarán los pronósticos.

La topografía utilizada fue obtenida a partir de una base de datos en donde se dispone de una cota cada 0.45°, que es luego interpolada a la resolución de 1° con la que opera el modelo.

A fin de evaluar el comportamiento del modelo, se realizó una prueba preliminar consistente en un pronóstico a 12 hs a partir de las 9 hs del día 13 de agosto. En esta prueba se calculó la trayectoria de parcelas de aire con origen en distintos niveles sobre la vertical de un punto de la red próximo al volcán. En la Figura 2 se presenta la trayectoria seguida por parcelas con origen en puntos ubicados a: a) 3000 m, b) 5000 m y c) 7000 m de altura sobre el terreno. Se observa que las parcelas toman una dirección ESE lo cual coincidiría, en principio, con el movimiento seguido por la pluma volcánica correspondiente a la erupción del 13 de agosto.

De todos modos es ésta una prueba para verificar la correcta adaptación del modelo de pronóstico para los fines de este estudio.

Respecto a la formulación del modelo de dispersión para la segunda etapa, es decir la dispersión de la ceniza luego de que se depositó sobre el terreno, ésta queda supeditada a los resultados que se obtengan de la primera etapa.

TABLA I: Número de observaciones meteorológicas disponibles

ESTACION COMODORO RIVADAVIA

AÑO 1975

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1976

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
9	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1977

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1978

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1979

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

ESTACION COMODORO RIVADAVIA - TABLA I (Continuación)

AÑO 1980

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
9	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1981

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1982

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1983

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	29	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1984

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
9	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

TABLA II: Número de observaciones meteorológicas disponibles

ESTACION RIO GALLEGOS

AÑO 1975

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	31	28	31	0	0	0	0	31	30	31	30	31
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1976

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
9	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1977

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1978

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1979

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	31	28	31	30	31	30	31	0	30	31	30	31
9	31	28	31	30	31	30	31	0	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	0	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	0	30	31	30	31

ESTACION RIO GALLEGOS - TABLA II (Continuación)

AÑO 1980

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
9	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1981

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1982

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1983

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
9	31	28	31	30	31	30	31	30	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1984

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
9	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

TABLA III: Número de observaciones meteorológicas disponibles

ESTACION SAN JULIAN

AÑO 1975

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	0	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	0	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	0	30	31

AÑO 1976

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1977

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1978

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	0	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	0	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	0	31

AÑO 1979

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

ESTACION SAN JULIAN - TABLA III (Continuación)

AÑO 1980

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1981

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1982

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oc	nov	dic
3	0	0	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1983

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1984

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0
9	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

TABLA IV: Número de observaciones meteorológicas disponibles

ESTACION PUERTO DESEADO

AÑO 1975

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1976

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1977

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1978

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1979

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	28	0	30	31	30	0	31	30	31	30	31
15	31	28	0	30	31	30	0	31	30	31	30	31
21	31	28	0	30	31	30	0	31	30	31	30	31

ESTACION PUERTO DESEADO - TABLA IV (Continuación)

AÑO 1980

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	0
15	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	0
21	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	0

AÑO 1981

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	31	30	0	30	31	31	30	31	30	31
15	0	0	31	30	0	30	31	31	30	31	30	31
21	0	0	31	30	0	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1982

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	0	31	30	31	30	31	0	0	0	30	31
15	31	0	31	30	31	30	31	0	0	0	30	31
21	31	0	31	30	31	30	31	0	0	0	30	31

AÑO 1983

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1984

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	29	31	29	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	29	31	29	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

TABLA V: Número de observaciones meteorológicas disponibles

ESTACION GOBERNADOR GREGORES

AÑO 1975

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1976

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1977

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	0	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	0	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	0	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1978

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	28	31	30	31	30	31	31	0	0	30	31
15	31	28	31	30	31	30	31	31	0	0	30	31
21	31	28	31	30	31	30	31	31	0	0	30	31

AÑO 1979

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ESTACION GOBERNADOR GREGORES - TABLA V (Continuación)

AÑO 1980

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	30	31	30	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	30	31	30	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	30	31	30	0

AÑO 1981

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	0	0	0	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	0	0	0	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1982

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0
9	31	0	0	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15	31	0	0	30	31	30	31	31	30	31	30	31
21	31	0	0	30	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1983

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
9	31	0	31	30	0	30	31	31	30	31	30	0
15	31	0	31	30	0	30	31	31	30	31	30	0
21	31	0	31	30	0	30	31	31	29	31	30	0

AÑO 1984

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	30	31	0	0	31	30	30	30	31
15	0	0	0	30	31	0	0	31	30	30	30	31
21	0	0	0	30	31	0	0	31	30	29	30	31

TABLA VI: Número de observaciones meteorológicas disponibles

ESTACION PERITO MORENO

AÑO 1975

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	31	30	31	31	30	31	30	31
15	0	0	0	0	31	30	31	31	30	31	30	31
21	0	0	0	0	31	30	31	31	30	31	30	31

AÑO 1976

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	0	0
15	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	0	0
21	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	0	0

AÑO 1977

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31

AÑO 1978

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	0	31	0	0	0	0	0	0	0	30	0
15	31	0	31	0	0	0	0	0	0	0	30	0
21	31	0	31	0	0	0	0	0	0	0	30	0

AÑO 1979

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ESTACION PERITO MORENO - TABLA VI (Continuación)

AÑO 1980

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AÑO 1981

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AÑO 1982

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AÑO 1983

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	30	30	31	30	30	31	30	31	0	31
15	0	0	31	30	31	30	30	31	30	31	0	31
21	0	0	31	30	31	30	30	31	30	31	0	31

AÑO 1984

hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	31	0	31	0	0	0	31	31	30	31	29	31
15	31	0	31	0	0	0	31	31	30	31	29	31
21	31	0	31	0	0	0	31	31	30	31	29	31

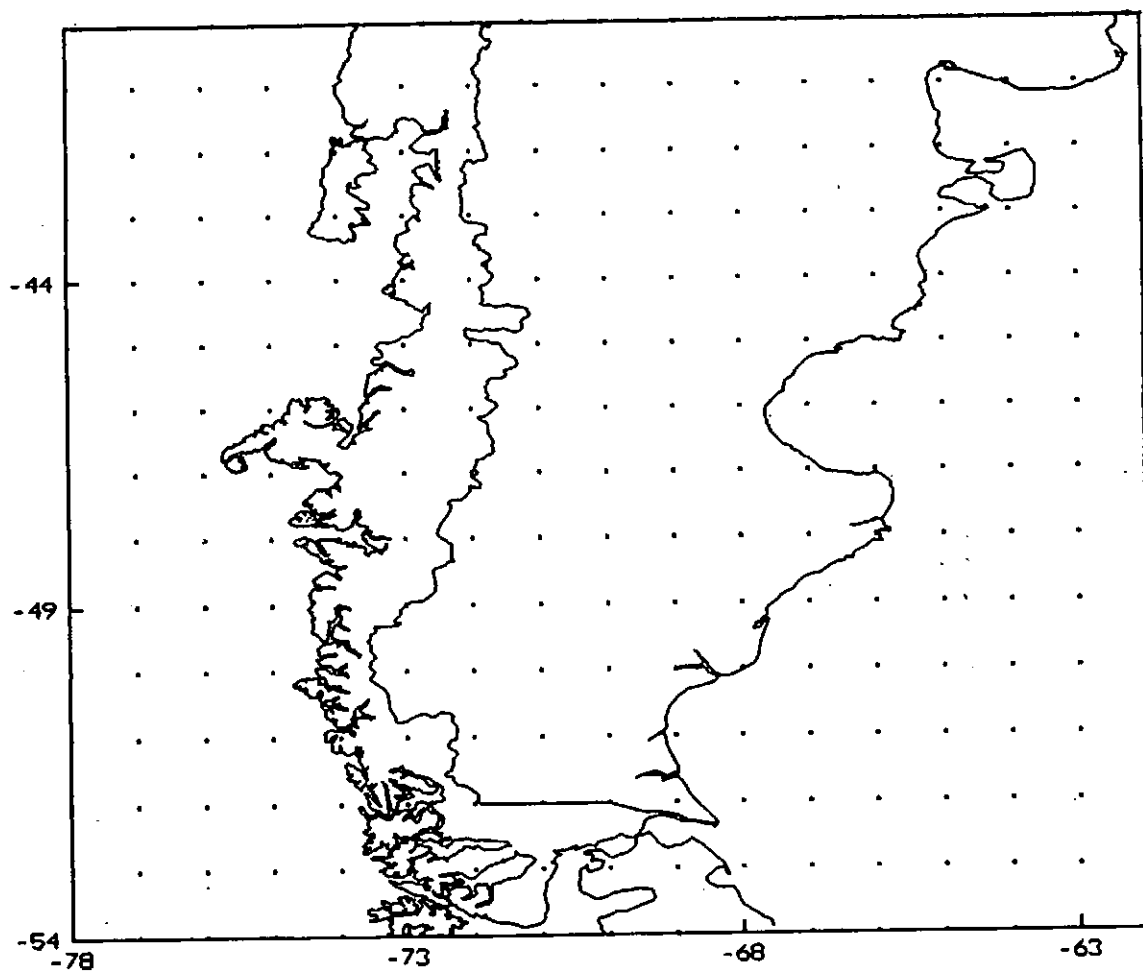


Figura 1: Dominio y red de puntos utilizados por el modelo.

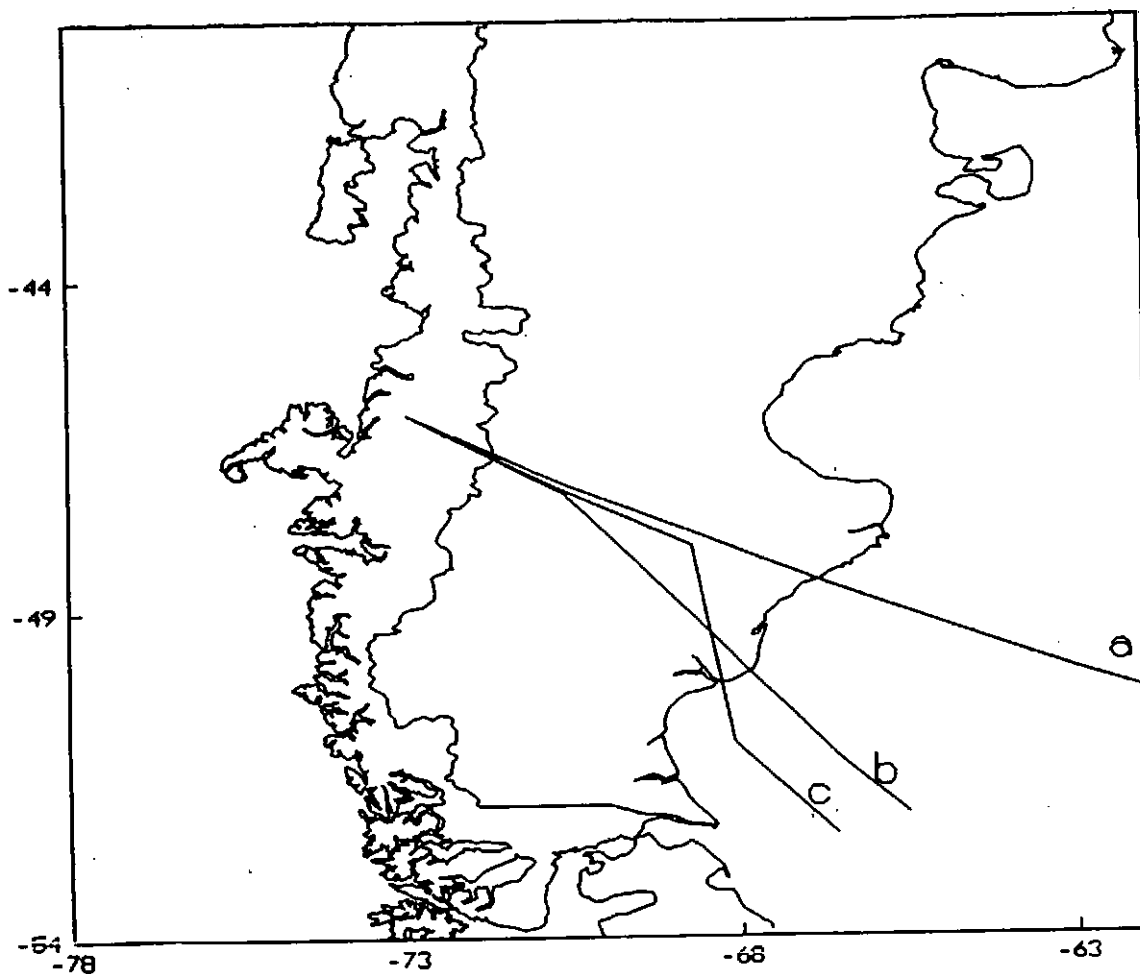


Figura 2: Trayectoria seguida por parcelas partiendo de distintos niveles: a) 3000 m, b) 5000 m y c) 7000 m de altura sobre el terreno.