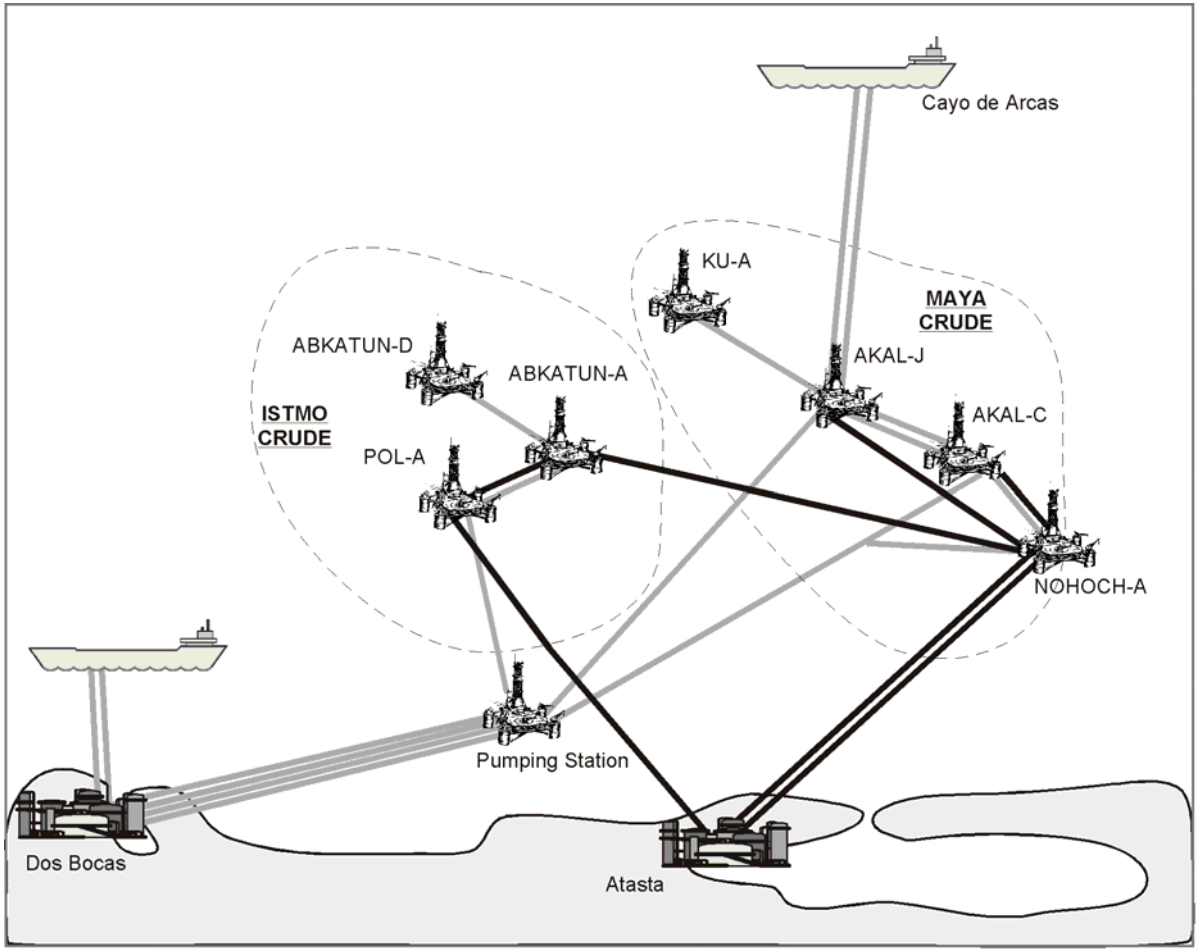
Modelación de la Dispersión de SO_x Proveniente de las Actividades del Sector Petrolero en la Sonda de Campeche

Moisés Magdaleno Molina.

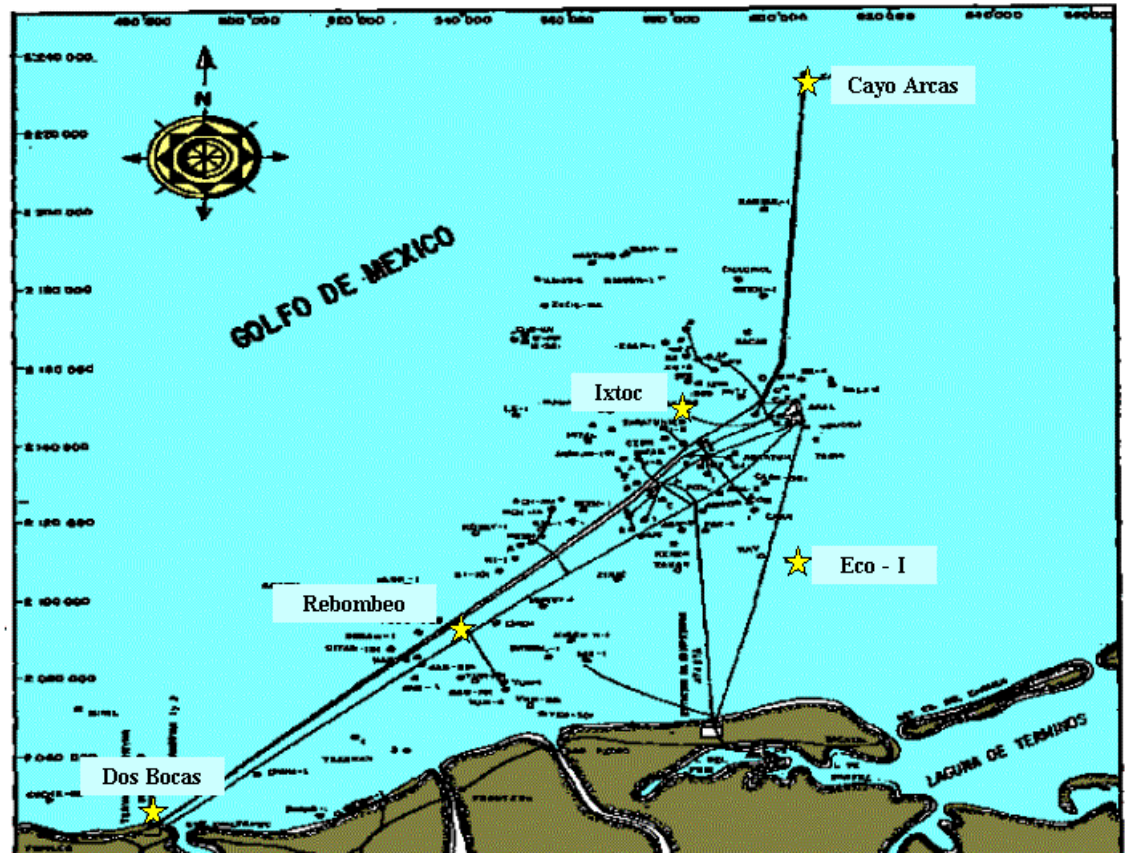
Taller sobre Modelación Económica y Ambiental México - Estados Unidos.
México, D.F. 11 y 12 de julio de 2005.

Área de estudio



El área de estudio incluye a las instalaciones petroleras costa afuera, así como a Ciudad del Carmen, Campeche, la Estación de compresión de Atasta, y los Puertos de Dos Bocas y Cayo Arcas.

Red Meteorológica



Se dispone de una red de cinco estaciones meteorológicas de superficie en la Sonda de Campeche. Además, se incluyeron datos de radiosondeo obtenidos de la estación de Bellote en en Estado de Tabasco.

Inventario de emisiones

Se identificaron las fuentes emisoras en la Sonda de Campeche:

- **2 Instalaciones terrestres: Estación de compresión de Atasta y puerto de Dos Bocas.**
- **176 Plataformas fijas de perforación, compresión, producción, enlace, tratamiento y bombeo, habitacionales y rebombeo.**
- **44 Quemadores (30 elevados, 13 boom, 1 de fosa).**
- **92 Turbobombas, 82 turbocompresores y 40 turbogeneradores.**
- **58 Motogeneradores, 75 motobombas y 19 motocompresores.**
- **7 hornos, 7 rehervidores y 2 calentadores de agua**

Inventario de emisiones

Se aplicaron factores de emisión de Asistencia Petrolera Latinoamericana (ARPEL) y AP-42 de la US.EPA.

El siguiente cuadro muestra el inventario final.

Table 2: Air Pollutant emissions in the Campeche Marine Region of study.

REGION	AREA	NO_X		SO_X		H_2S		CO		HC	
		thousands ton/año	% NO_x	thousands ton/año	%SO_x	thousands ton/año	% H_2S	thousands ton/año	%CO	thousands ton/año	% HC
Northeast Marine Region	Cantarell	8,795	21,37	138,657	76,60	0,876	79,62	91,924	63,18	214,083	77,33
	Ku-Malloob-Zaap	1,371	3,33	25,655	14,17	0,142	12,94	12,858	8,84	34,660	12,52
	Ek-Balam	0,055	0,13	0,008	0,00	0,001	0,08	0,310	0,21	0,256	0,09
	Atasta/Cayo Arcas/Repumping station	8,888	21,59	1,525	0,84	0,008	0,74	10,578	7,27	2,880	1,05
	Sum Northeast Region	19,109	46,43	165,845	91,63	1,028	93,38	115,670	79,50	251,879	90,99
Soutwest Marine Region	Pool-Chuc	1,098	2,67	7,014	3,88	0,053	4,77	8,213	5,64	12,967	4,68
	Dos Bocas Terminal	12,326	29,95	0,799	0,44	0,004	0,41	4,365	3,00	6,086	2,20
	Abkatum	2,325	5,65	2,435	1,35	0,016	1,44	16,270	11,18	5,119	1,85
	Sum Southwest Region	15,748	38,26	10,249	5,66	0,073	6,62	28,848	19,83	24,171	8,73
All	Marine and aerial traffic	6,032	14,66	4,905	2,71	0,000	0,00	0,917	0,63	0,767	0,28
All	Perforation	0,268	0,65	0,004	0,00	0,000	0,00	0,070	0,05	0,020	0,01
TOTAL		41,158	100,00	181,002	100,00	1,101	100,00	145,505	100,00	276,839	100,00

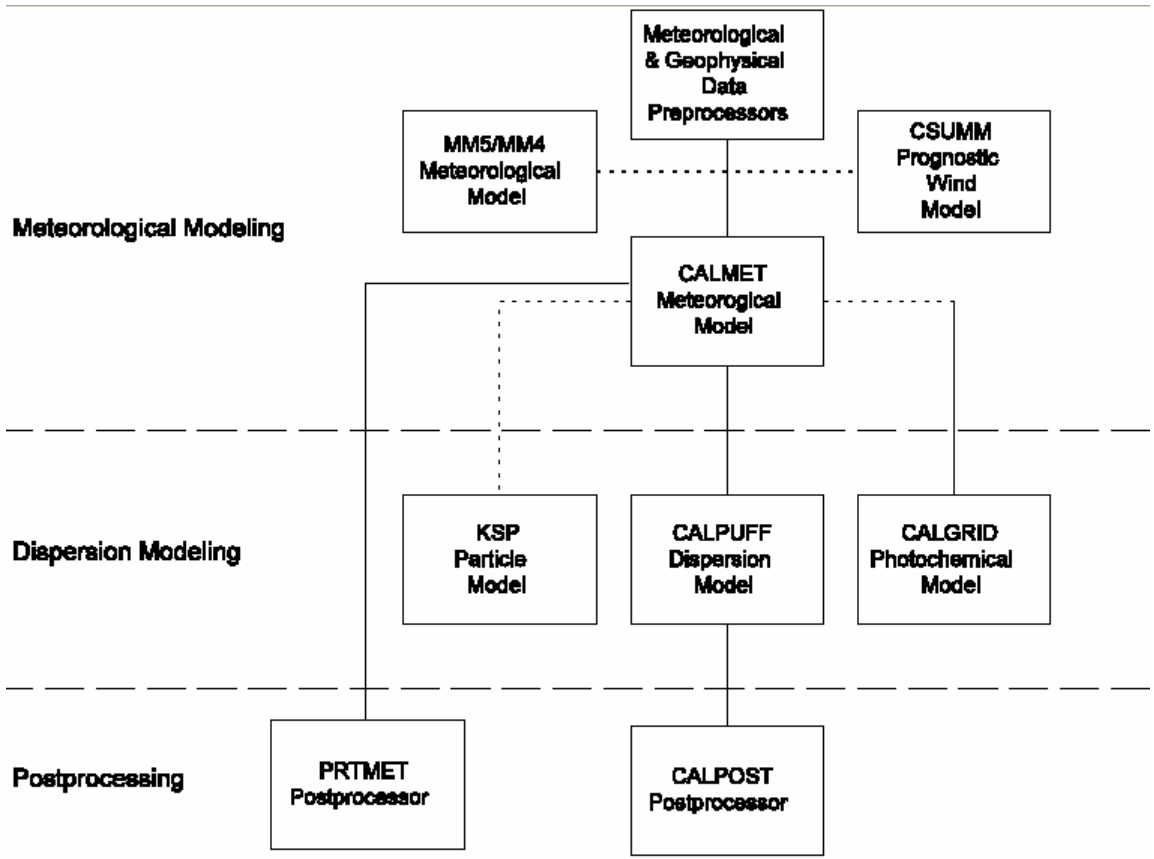
Source:
Results of this study. Authors elaboration. IMP 2001.

Modelos Aplicados

Se utilizaron los modelos recomendados por la US-EPA:

CALMET, para obtener el campo de vientos.

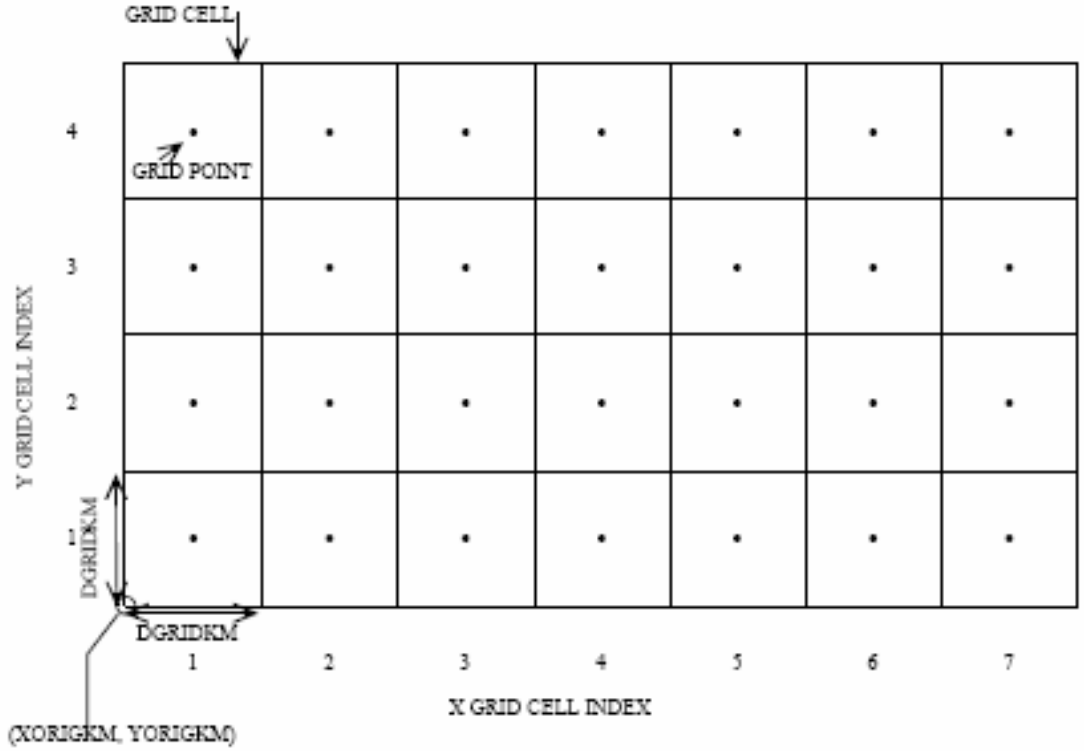
CALPUFF para obtener la dispersión de los óxidos de azufre.



Modelos Aplicados

CALMET. Modelo meteorológico de diagnóstico que incluye:

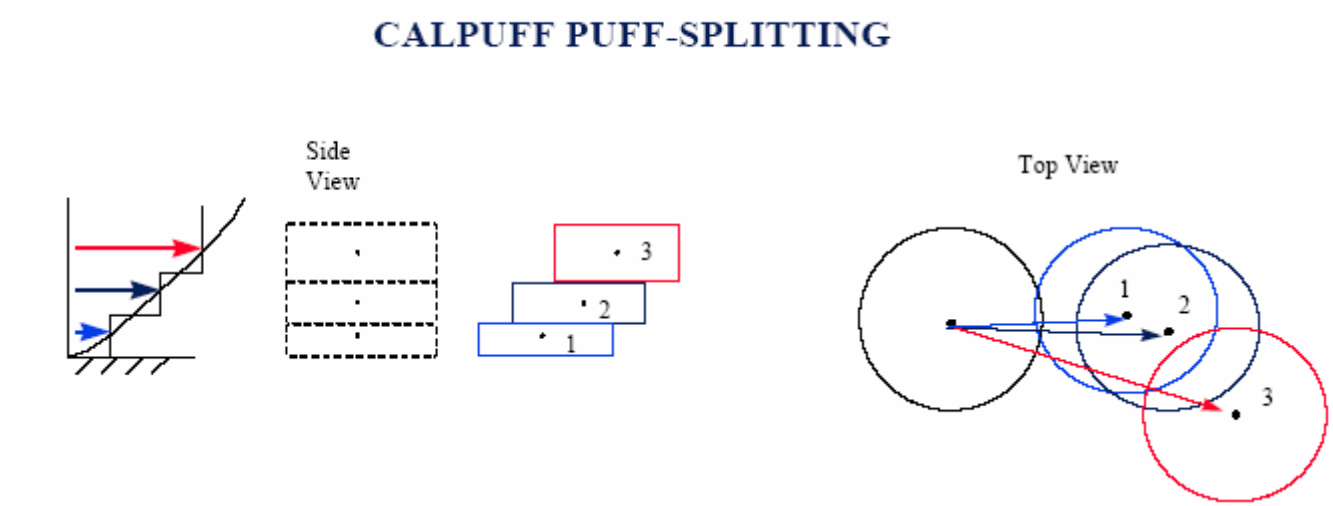
- ►**Un generador de campos de vientos.**
- ►**Ajuste por terreno complejo.**
- ►**Analísis objetivo con observaciones experimentales o con datos de otro modelo meteorológico (e.g. RAMS, MM5).**
- ►**Modelo micrometeorológico para capas límite sobre tierra y sobre agua.**



Modelos Aplicados

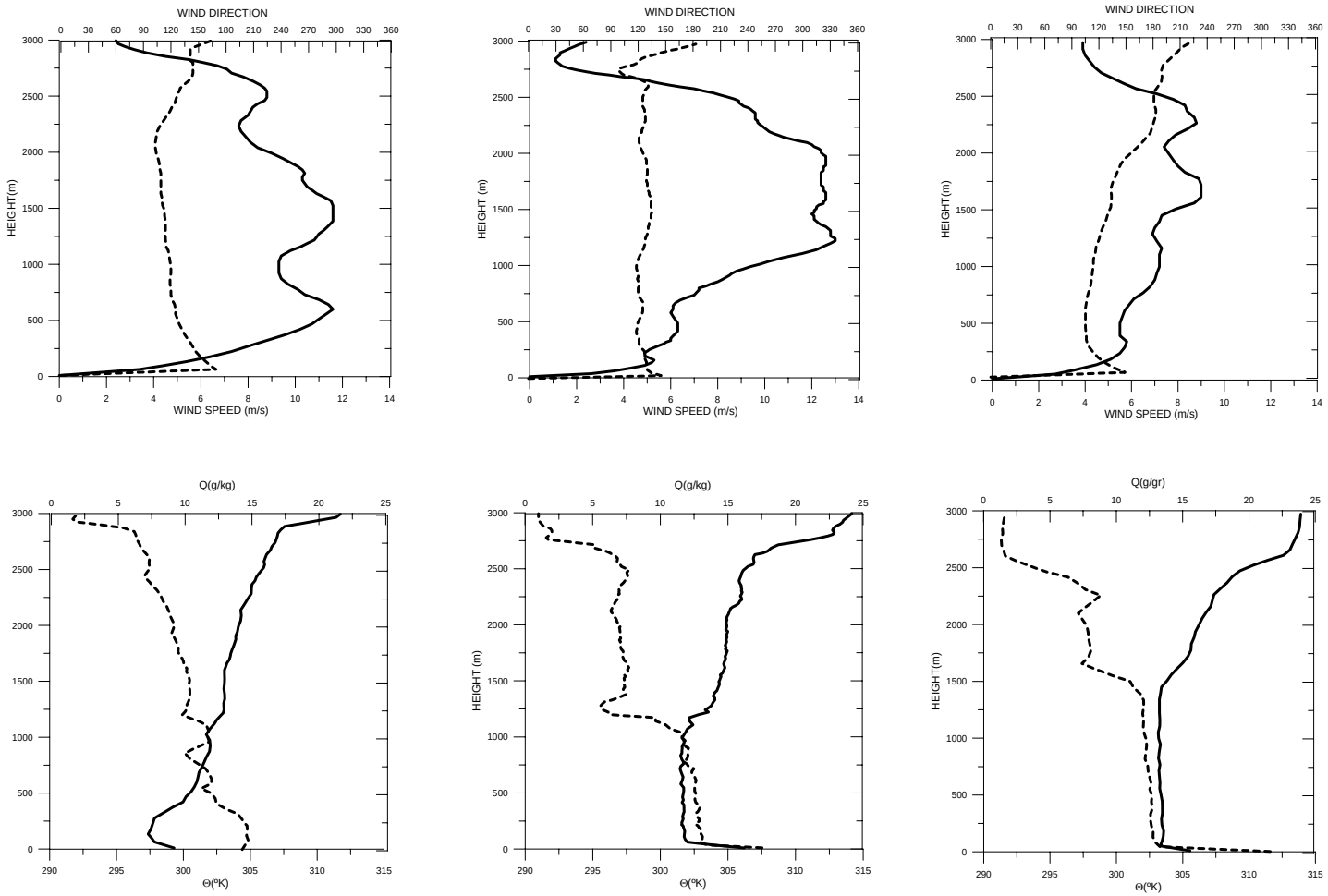
CALPUFF. Modelo Lagrangiano no estacionario que incluye:

- ►**Tratamiento de las emisiones como paquetes o "puffs".**
- ►**Ajuste por efectos de terreno complejo.**
- ►**Transporte sobre agua.**
- ►**Interacciones costeras.**
- ►**Depositación seca y húmeda.**
- ►**Transformación química simple.**



Meteorología Vertical

Perfiles verticales de vientos y temperaturas.



06:00 LST **12:00 LST** **18:00 LST**

Meteorología Vertical

►A las 06:00 hora local, hay una capa inestable, los primeros 200 metros, en la que se facilita el mezclado de contaminantes. Sin embargo, el perfil se hace subadiabático posteriormente.

►El perfil de temperatura es el de una adiabática seca a las 12:00 y 18:00 en los primeros 1000 y 1500 metros respectivamente, excepto por los primeros 50 metros en que existe una capa inestable.

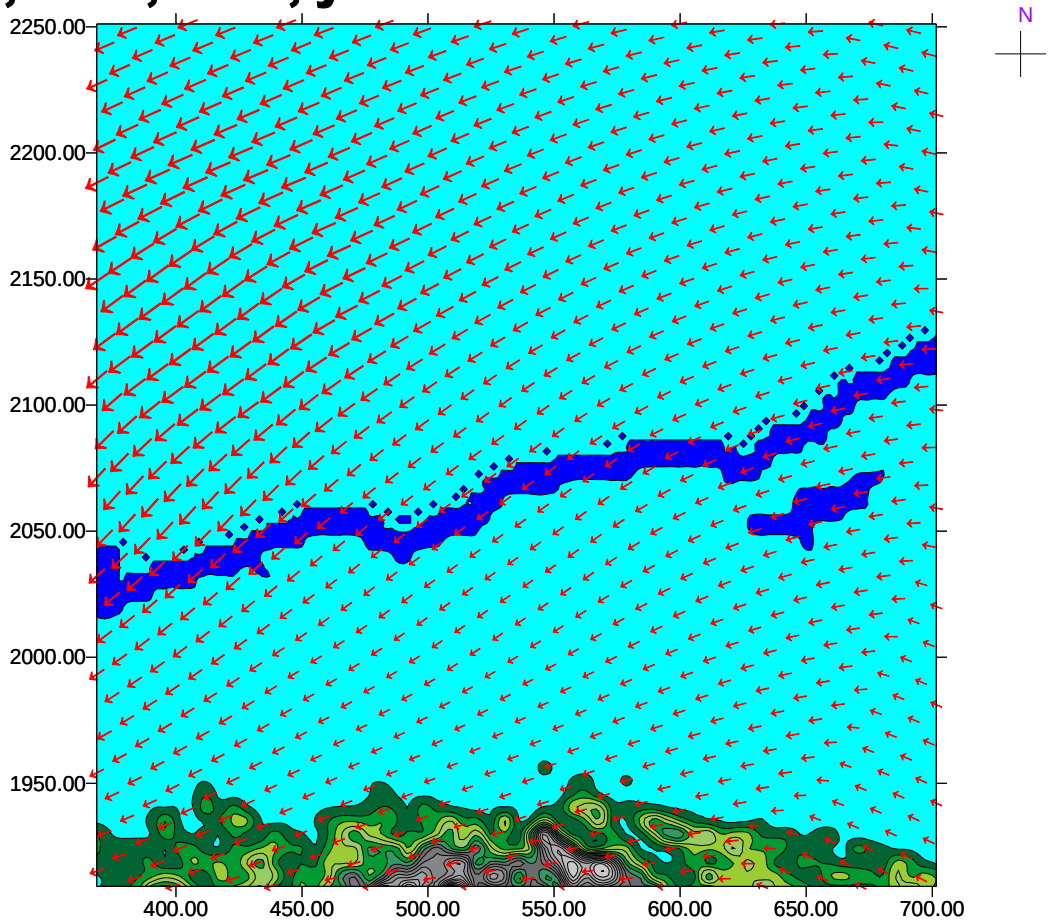
►La altura de la capa de mezclado tiene valores de 300 m a las 06:00, y se eleva a 1000 m a las 12:00 y a 1500 m a las 18:00.

►Los vientos dominantes, se ubican en el cuadrante Este-Sur de la rosa de vientos.

►La velocidad del viento obedece a un perfil logarítmico en los primeros 200 metros.

Modelo CALMET

- Se incluyeron celdas de 3 km x 3km en una retícula de 112 x 115 celdas.
- Se incluyeron nueve capas verticales a 20, 80, 160, 300, 600, 1000, 1500, 2000, y 2130 metros



Campo de vientos del día 3 capa 1 hora 1

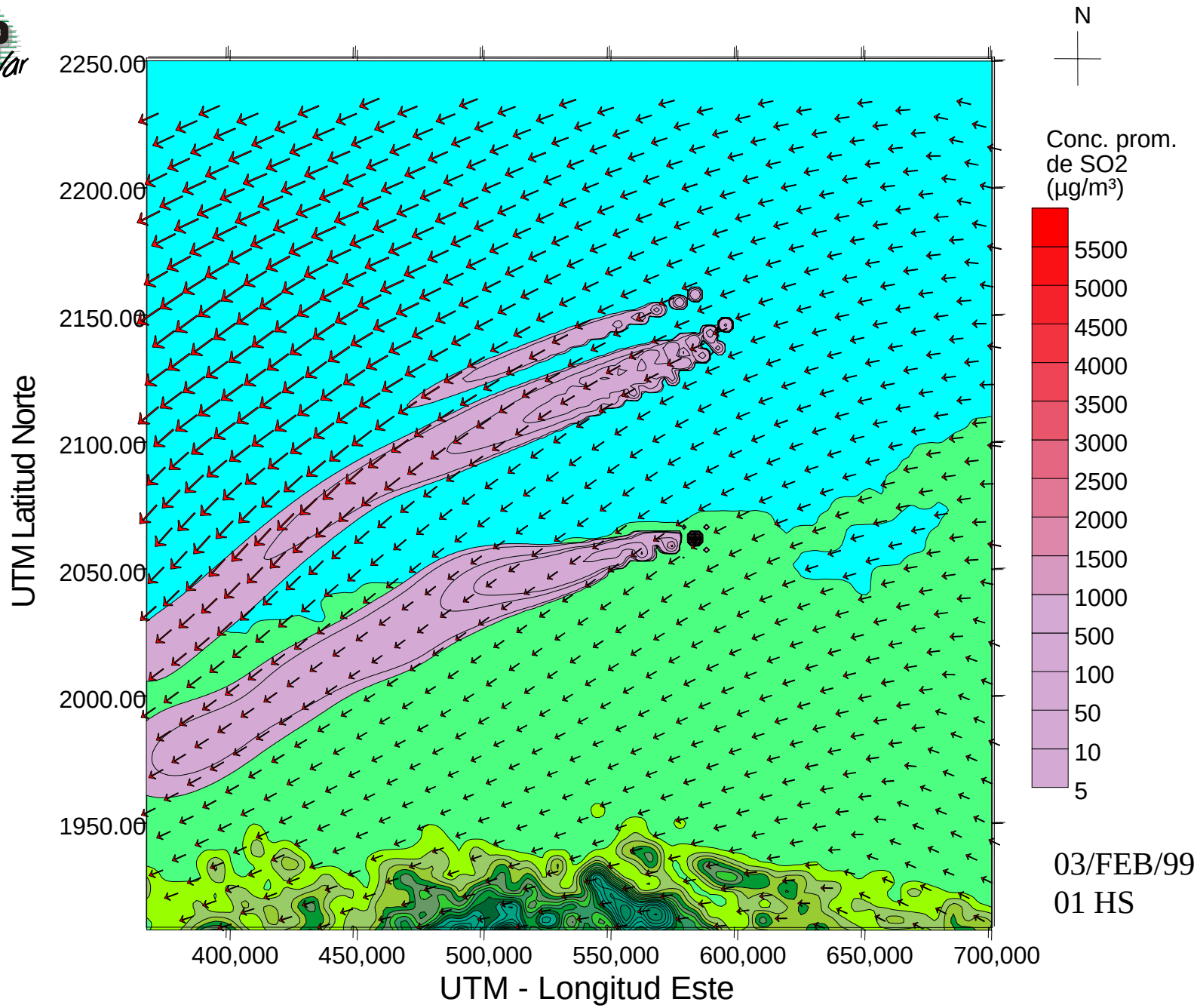
Modelo CALPUFF

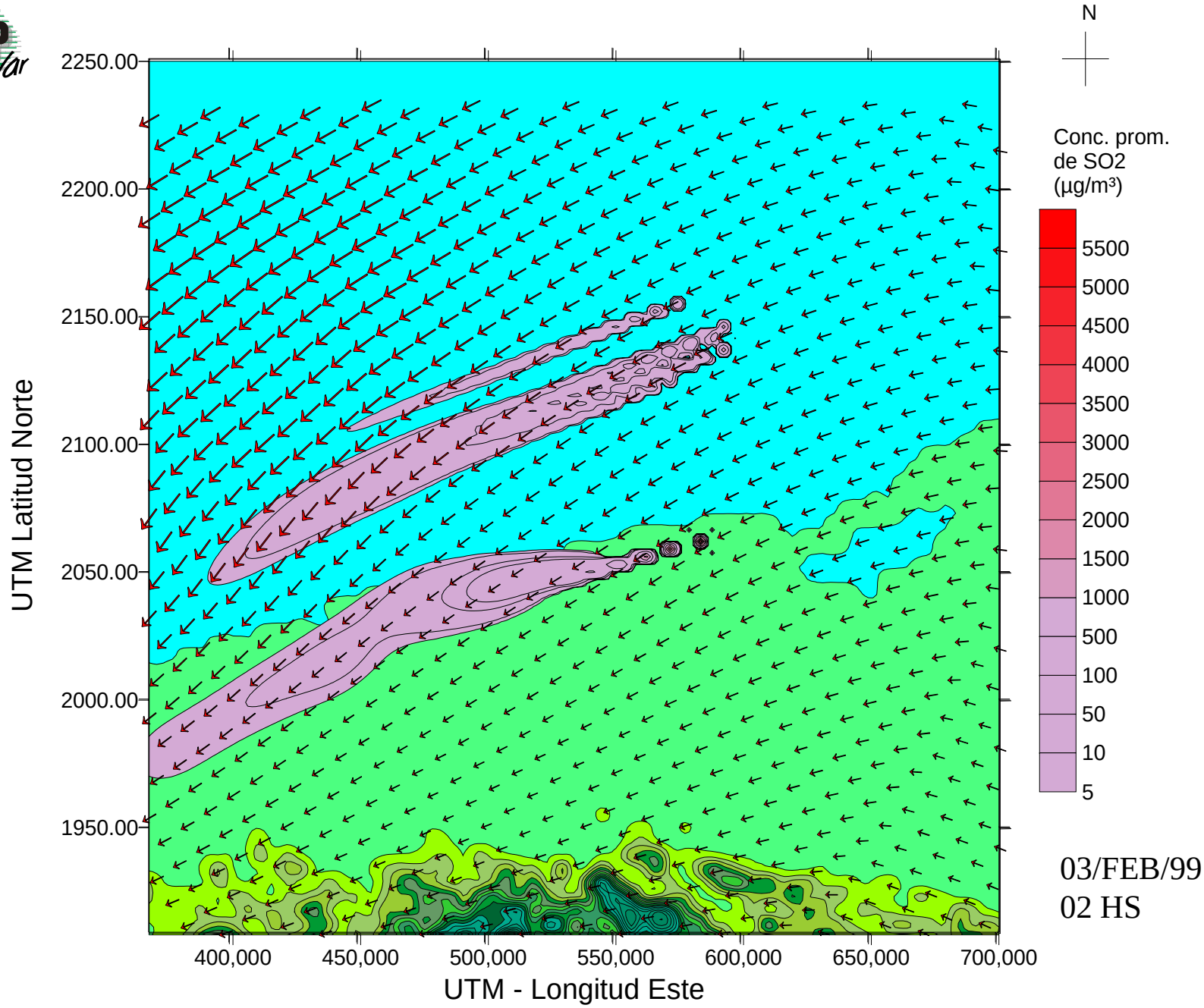
►El dominio, así como el reticulado horizontal y vertical, es el mismo que el utilizado en el modelo CALMET.

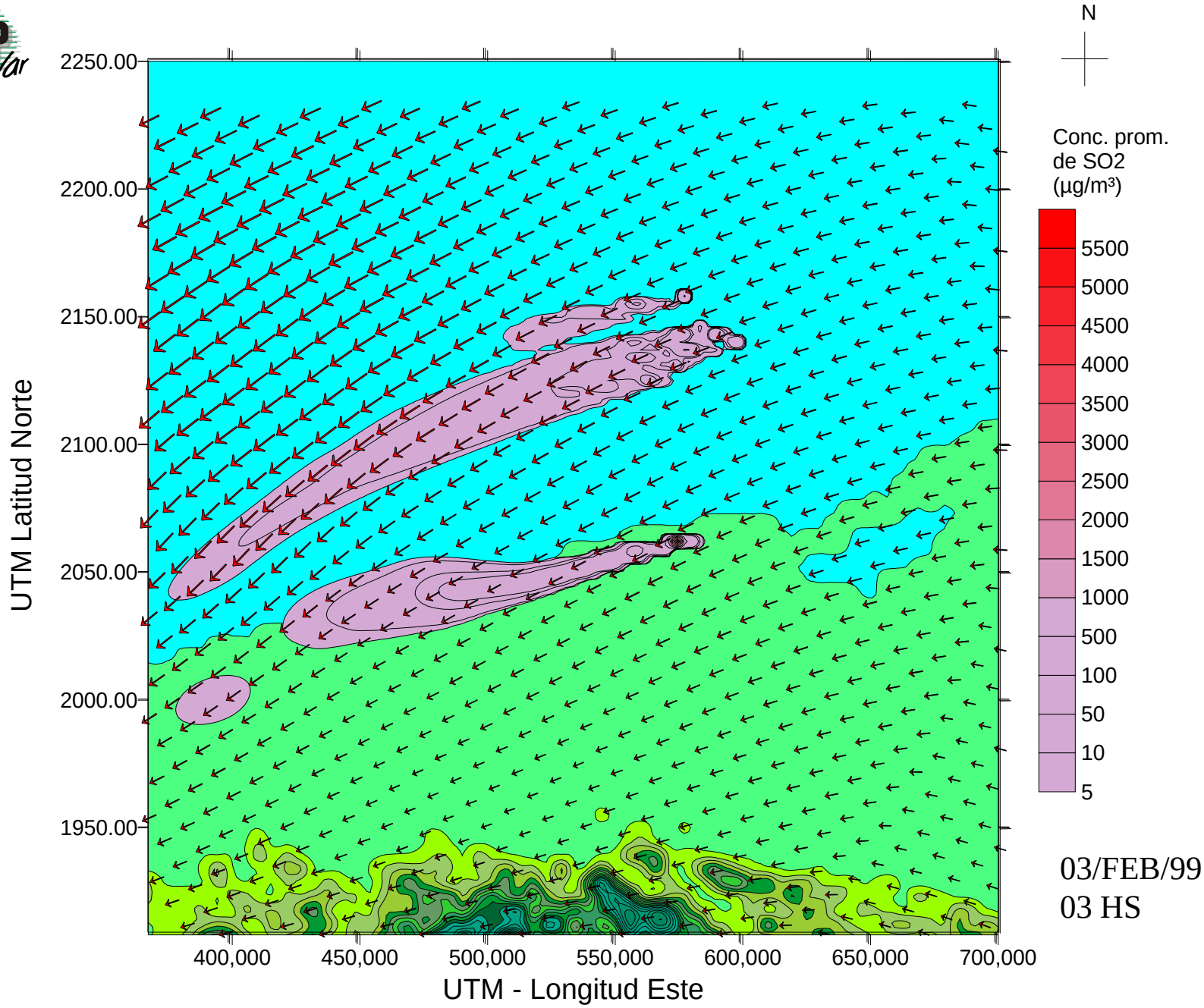
►Se alimentaron los campos de vientos obtenidos con el modelo CALMET al modelo CALPUFF.

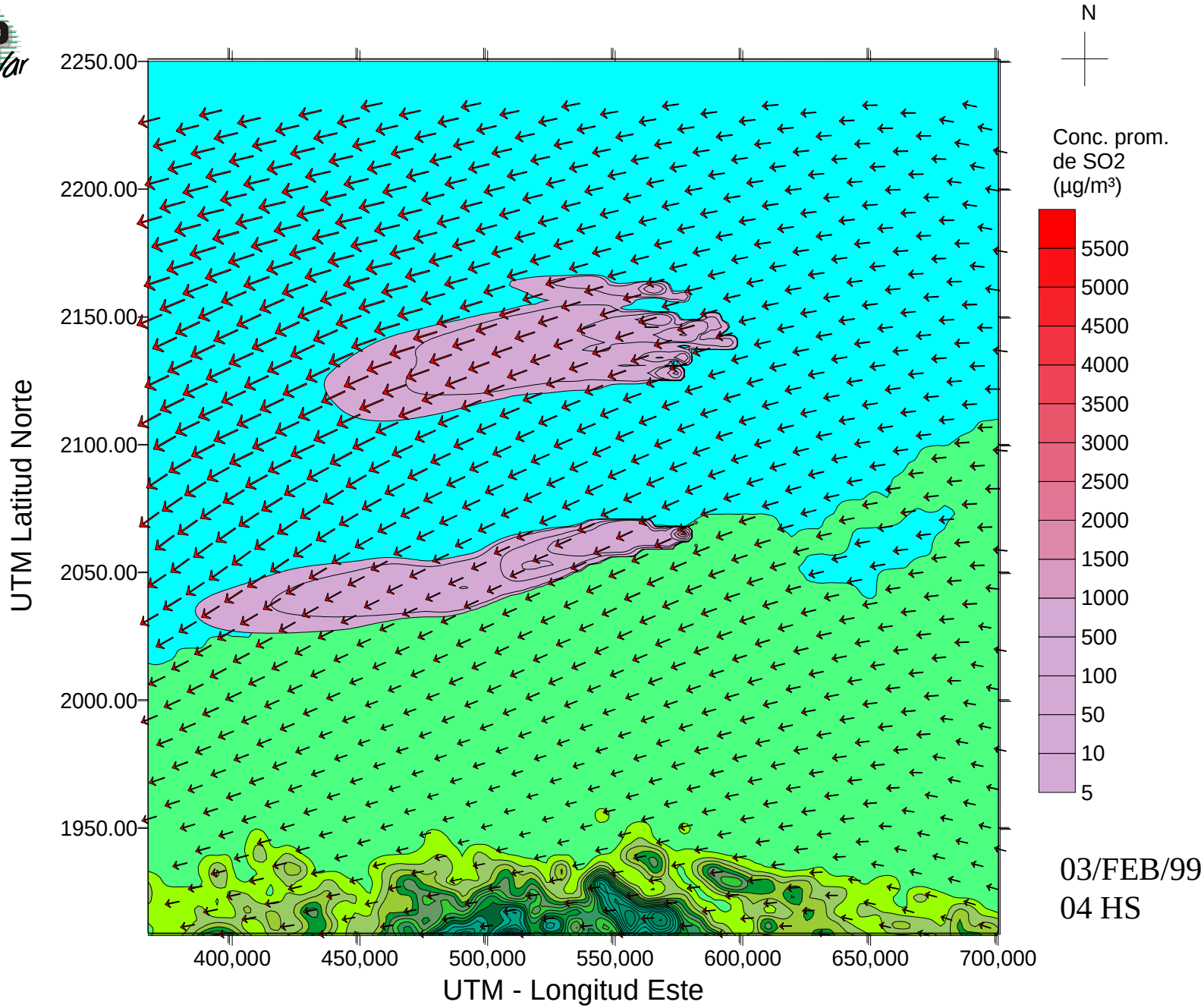
►Se incluyeron las emisiones de SOx, las cuales fueron alimentadas como fuentes puntuales, junto con las características de la fuente: temperatura y velocidad de salida, Altura y diámetro de chimenea.

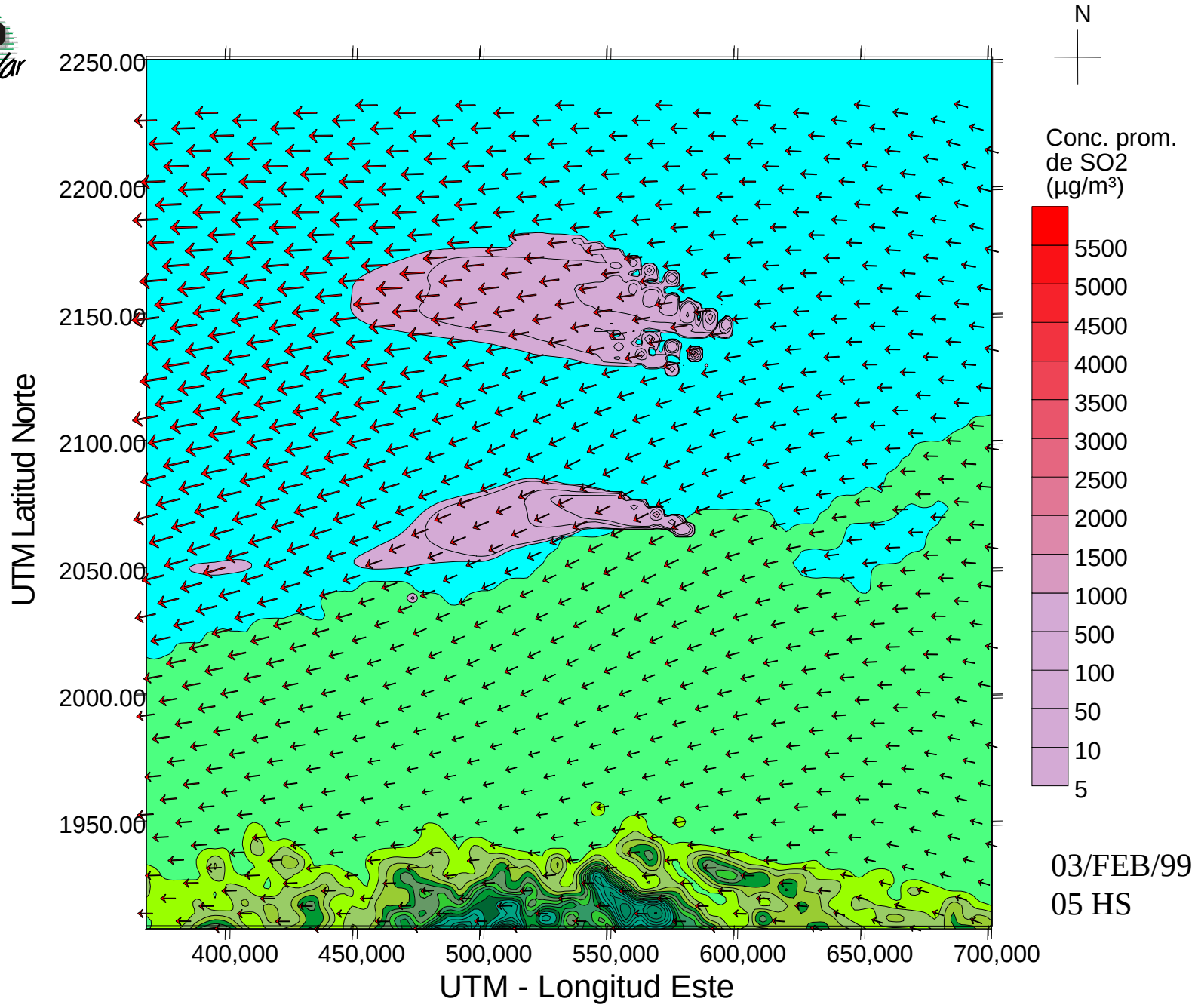
►Las figuras siguientes muestran las simulaciones y los campos de vientos hora a hora para el día 3 de febrero de 1999.

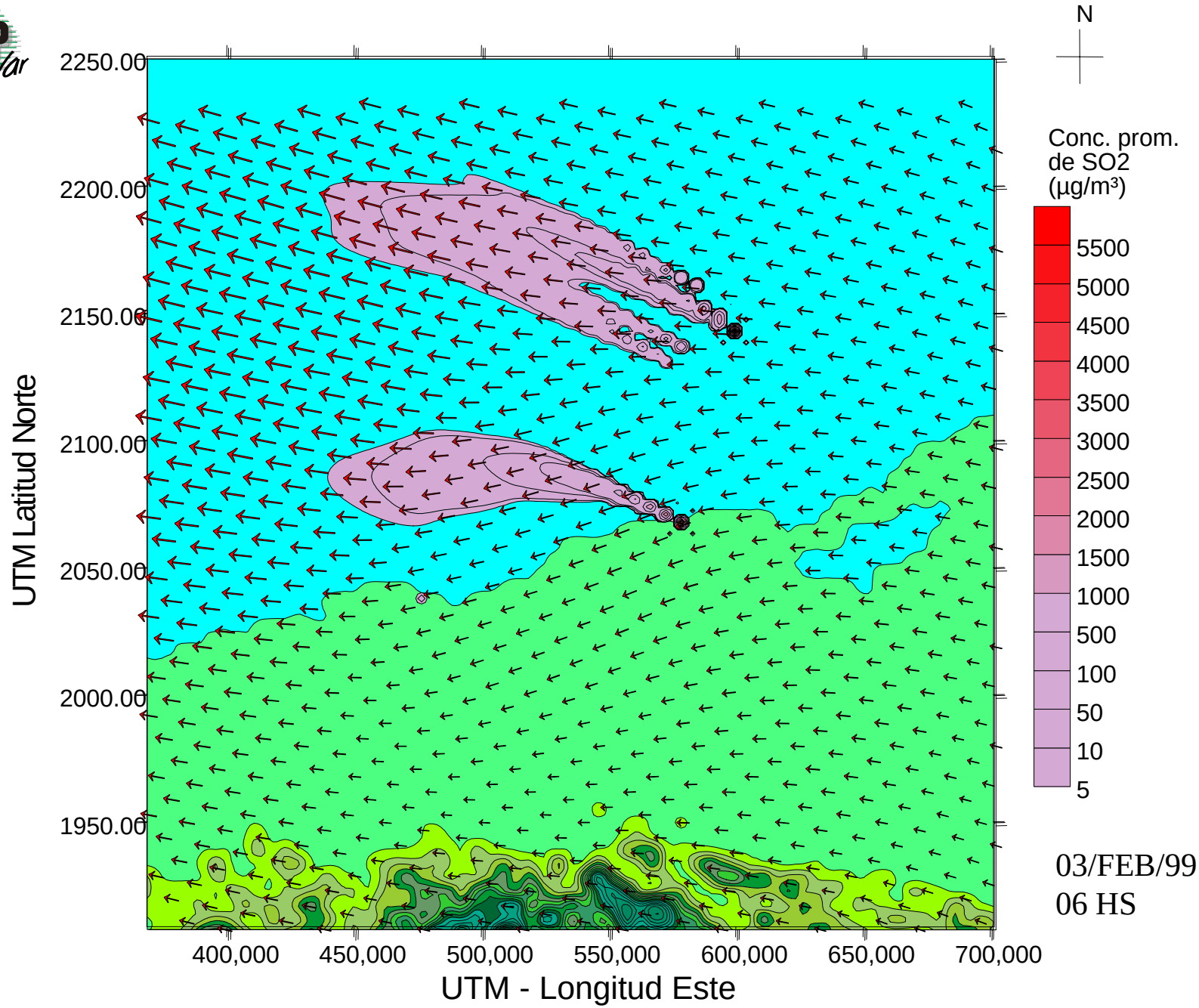

N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
01 HS

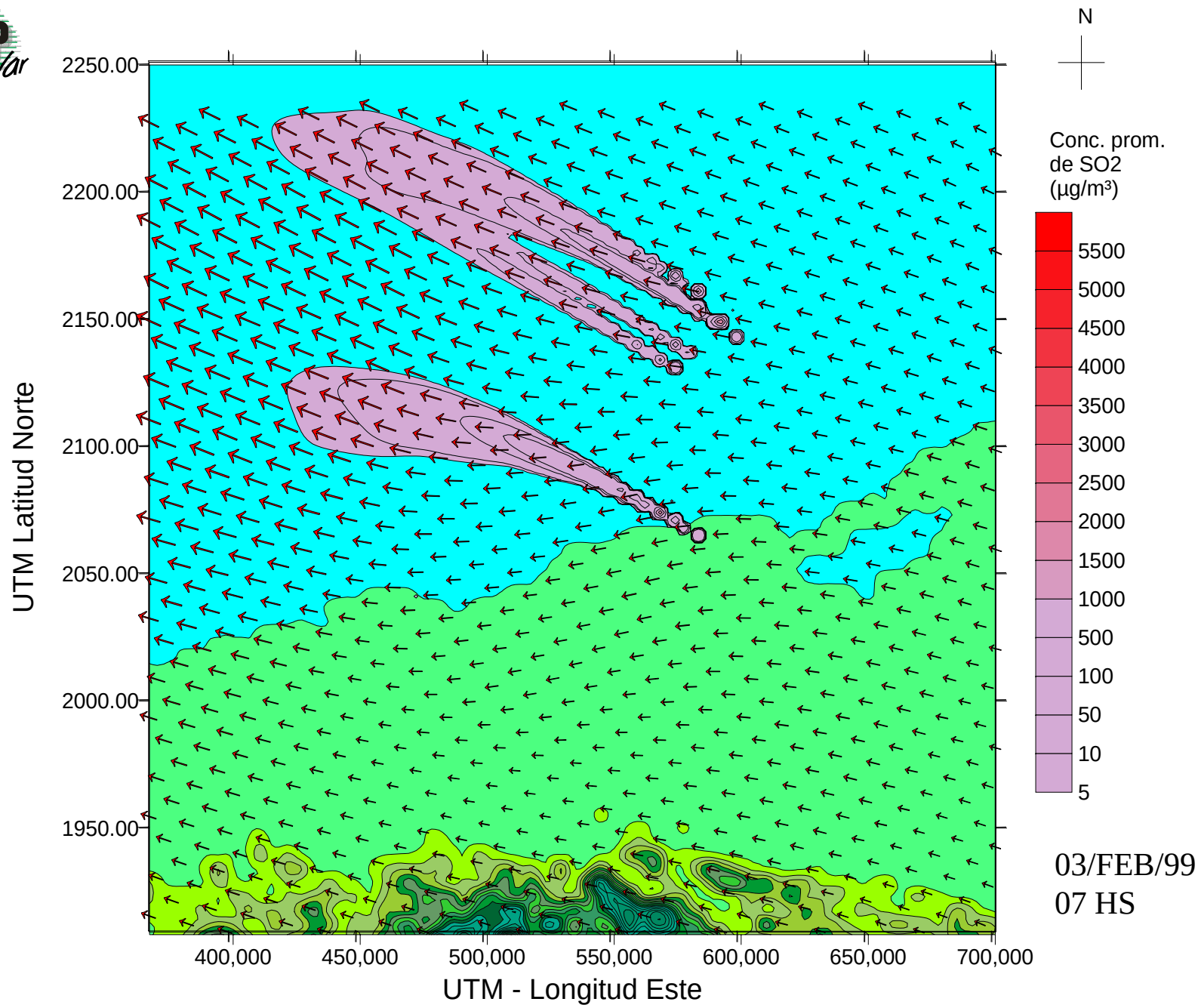

N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
02 HS

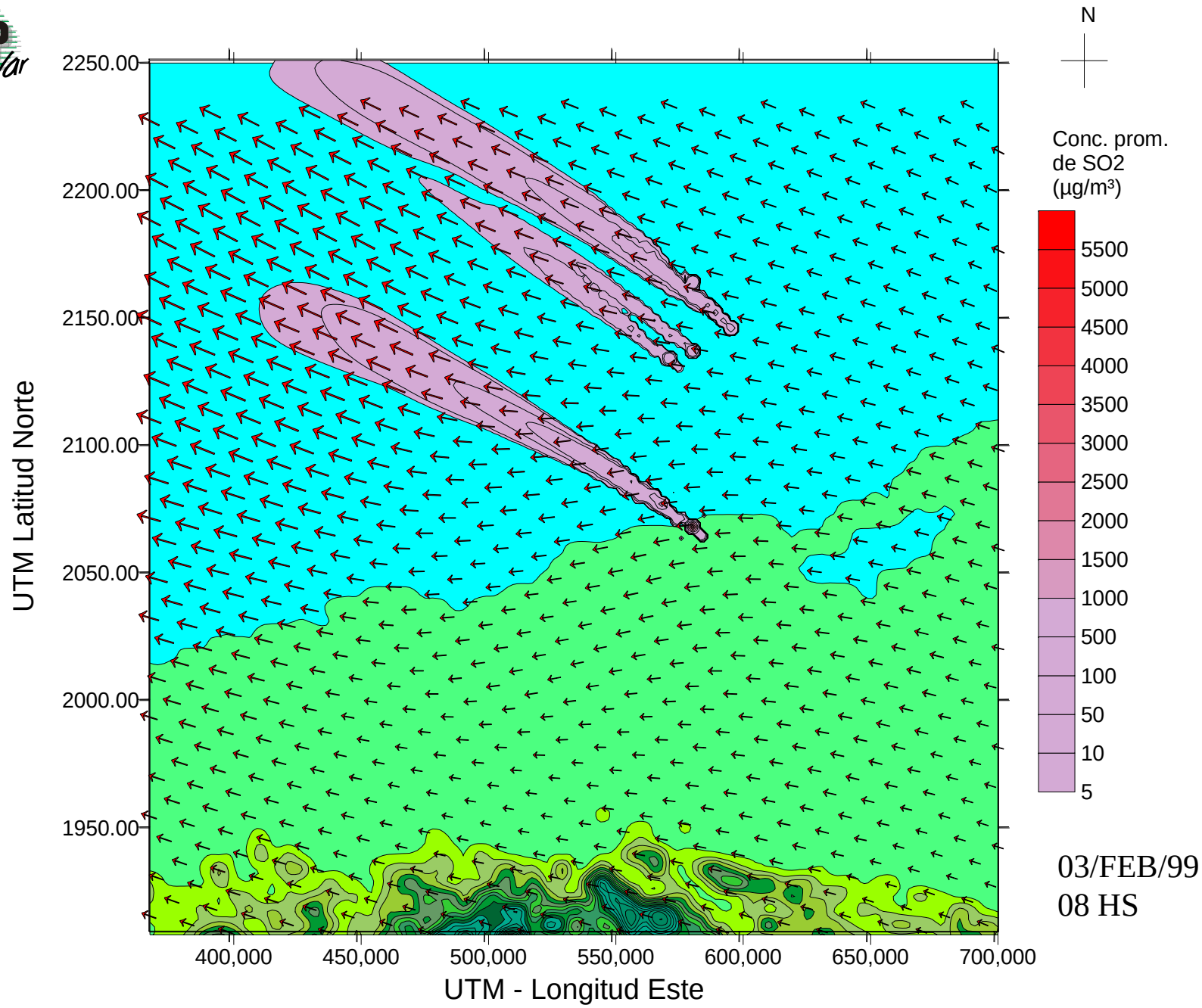

N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
03 HS

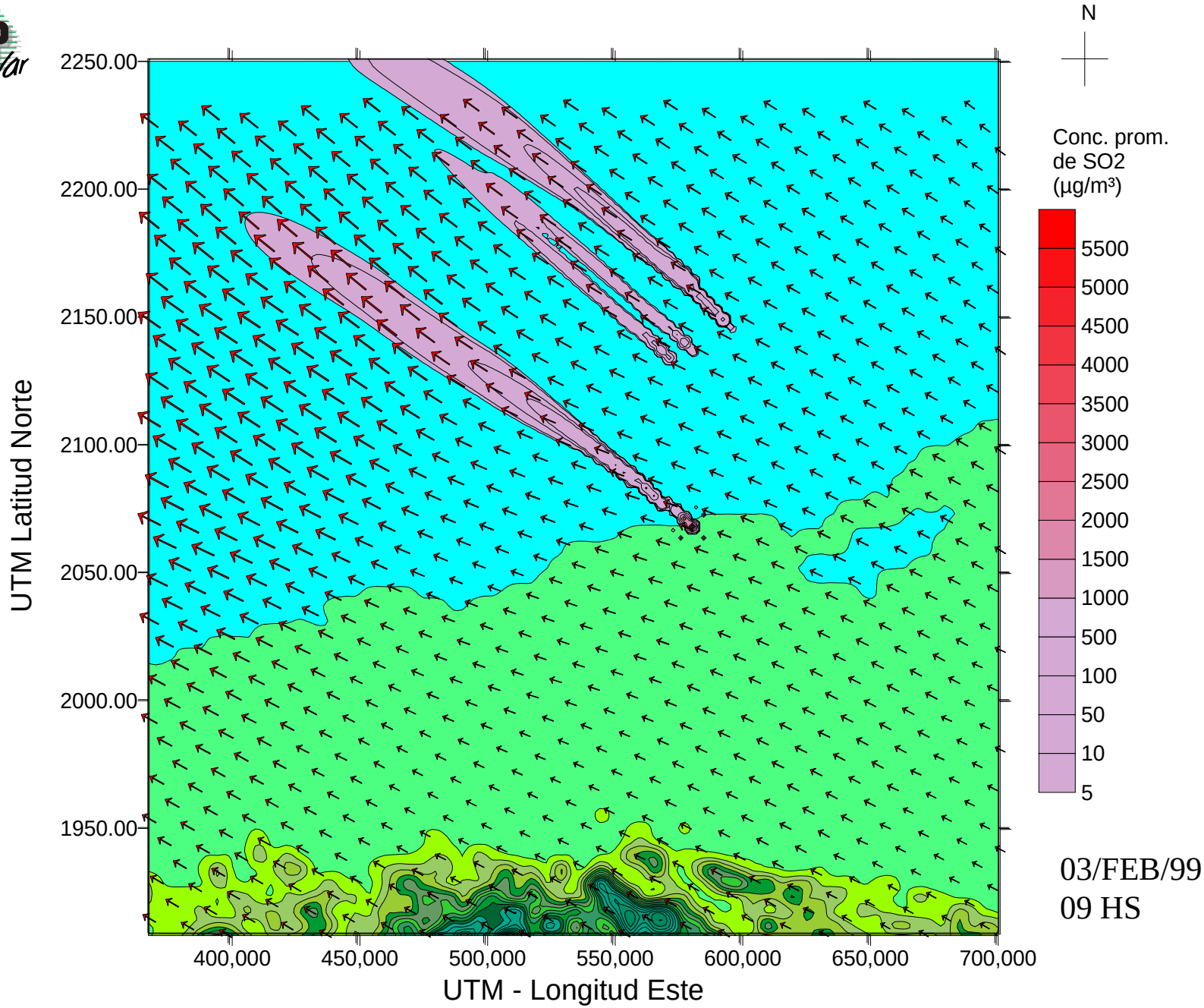

N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
04 HS

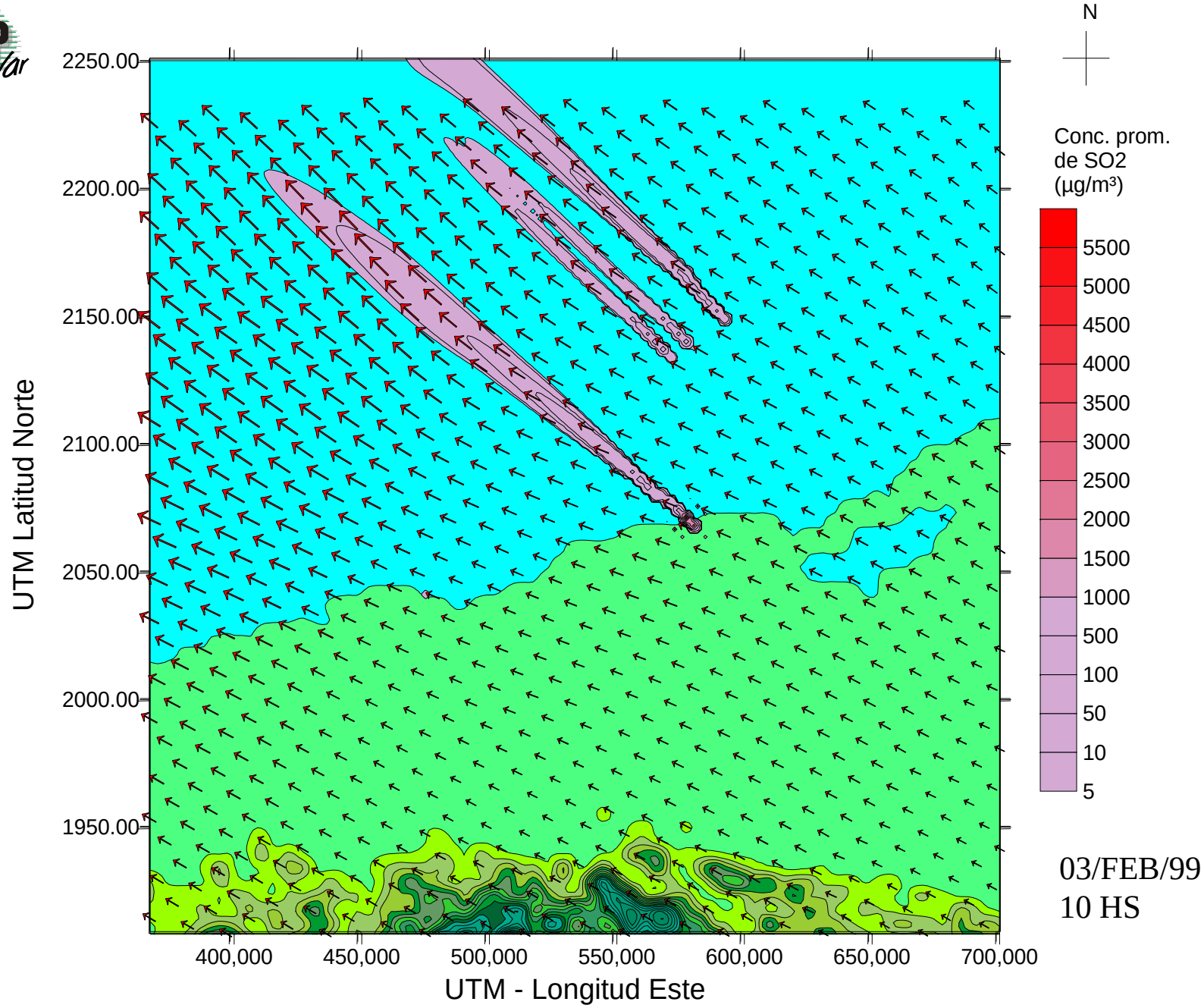

N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
05 HS

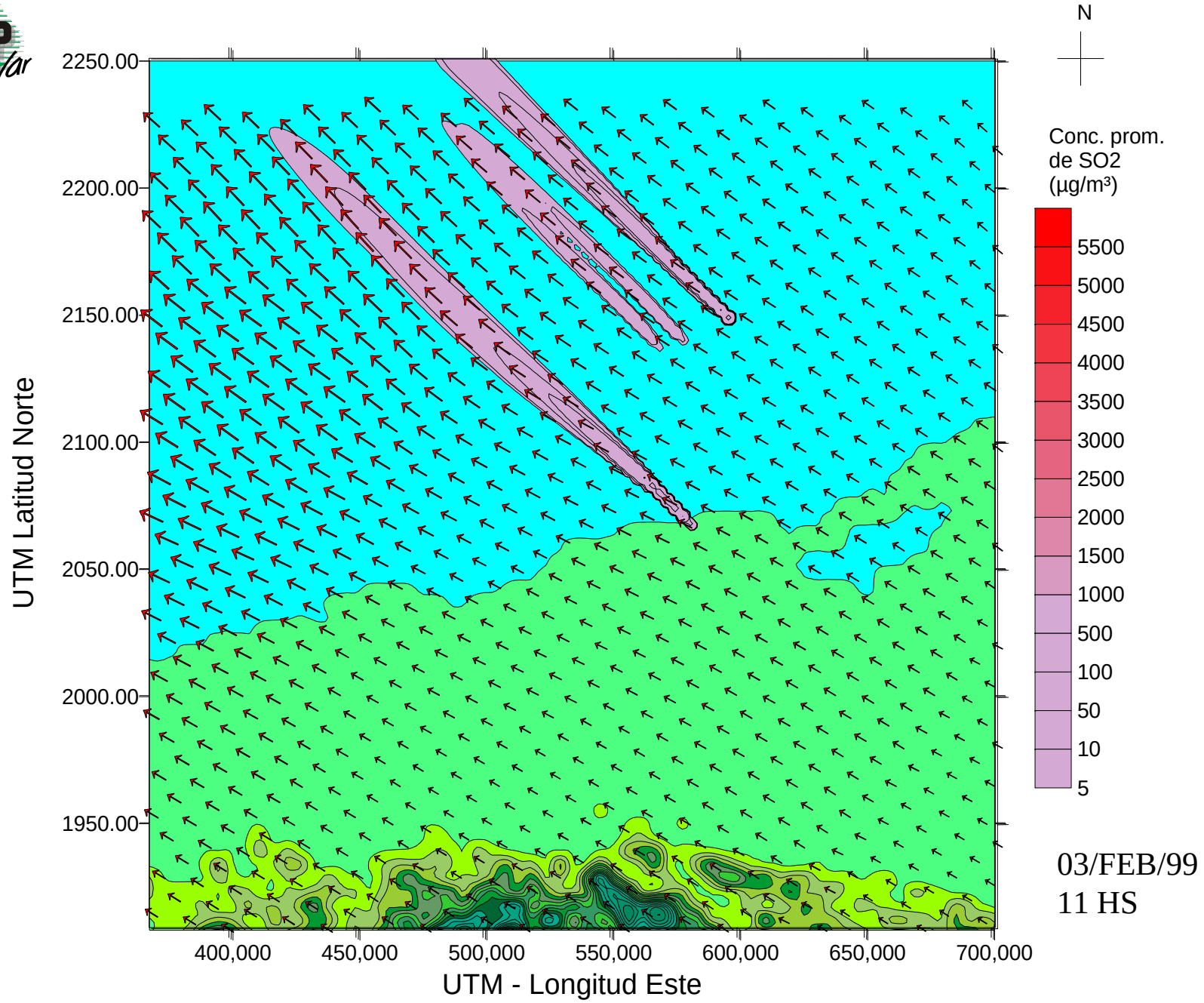

N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
06 HS

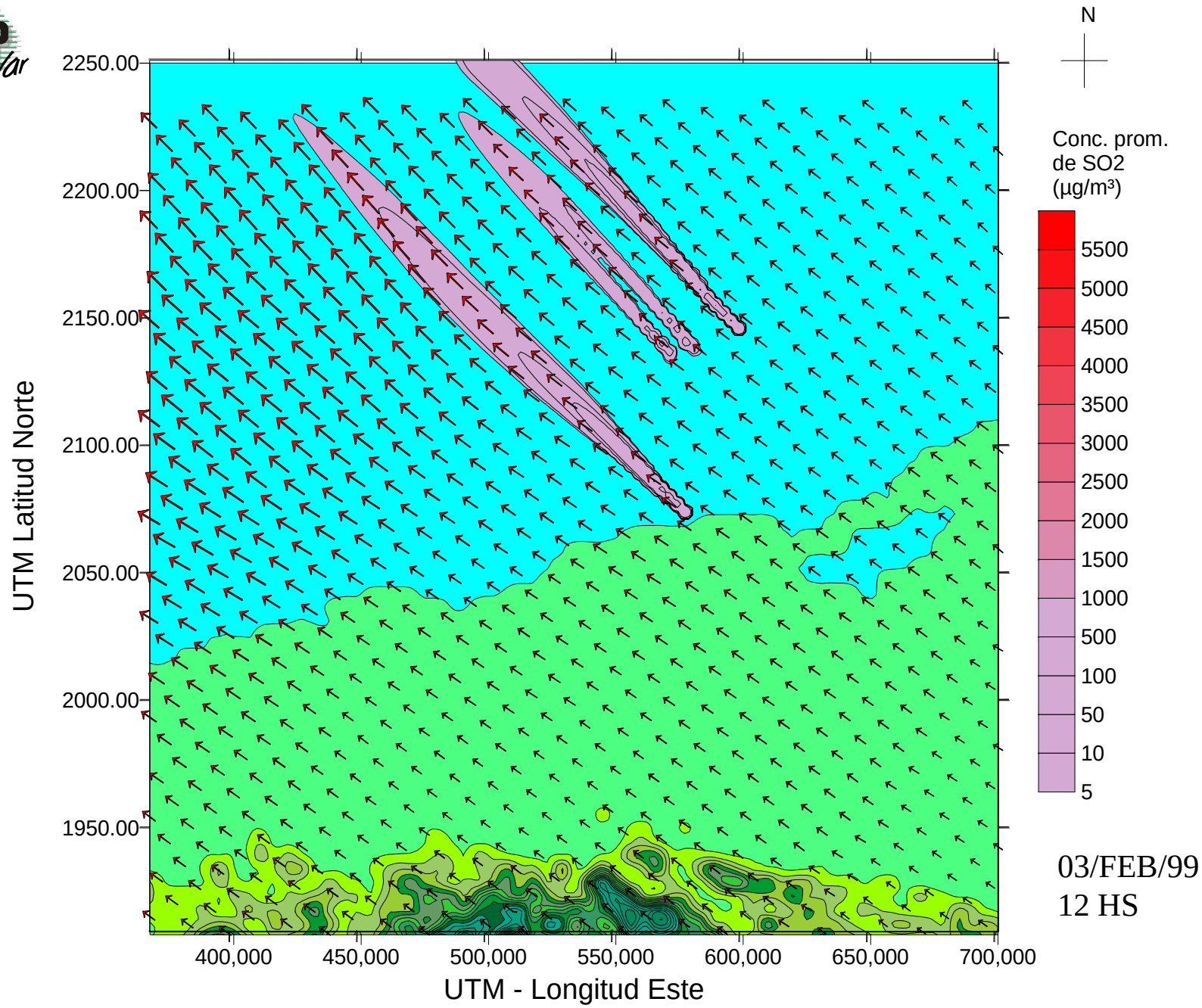

N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
07 HS

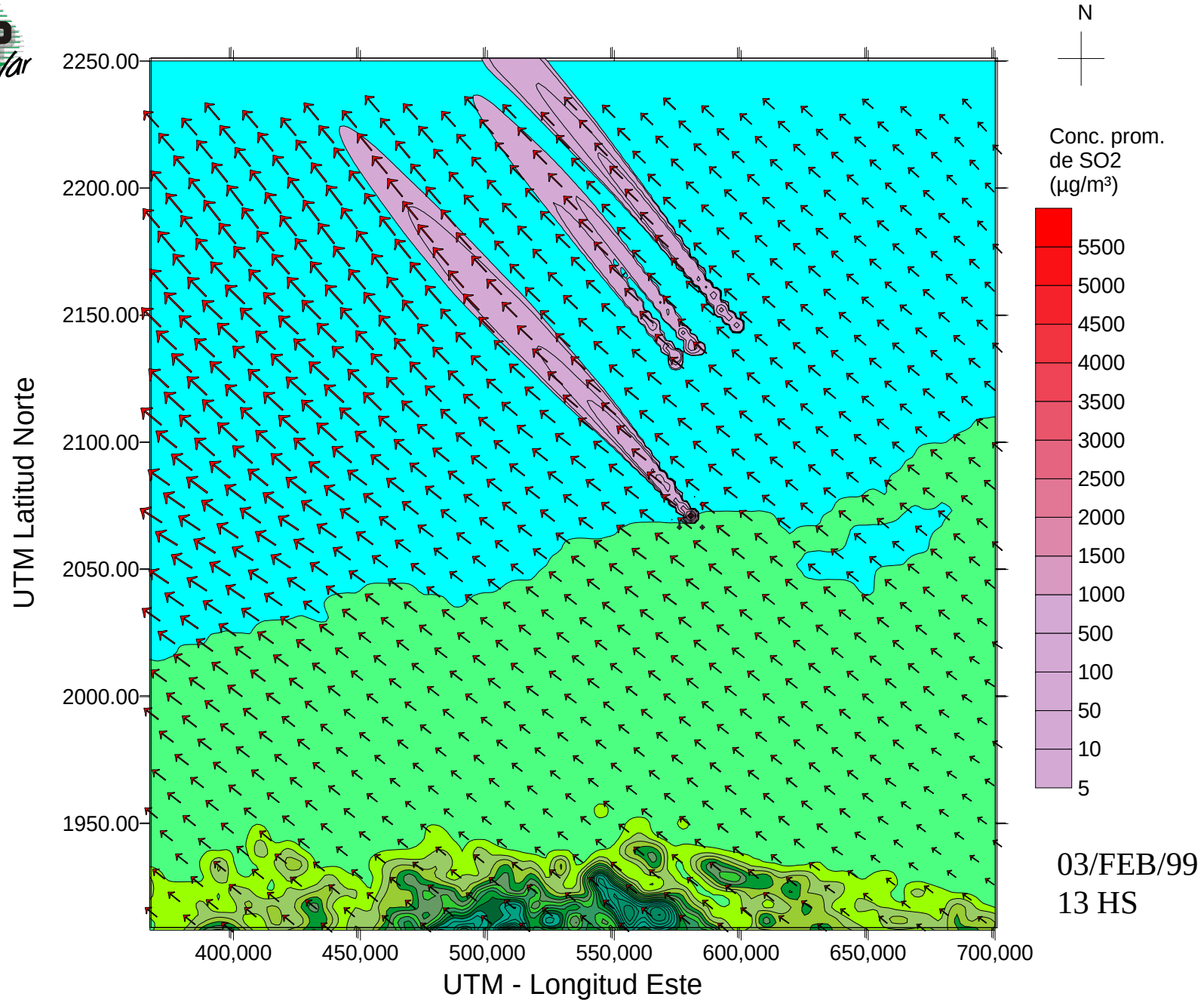

N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
08 HS

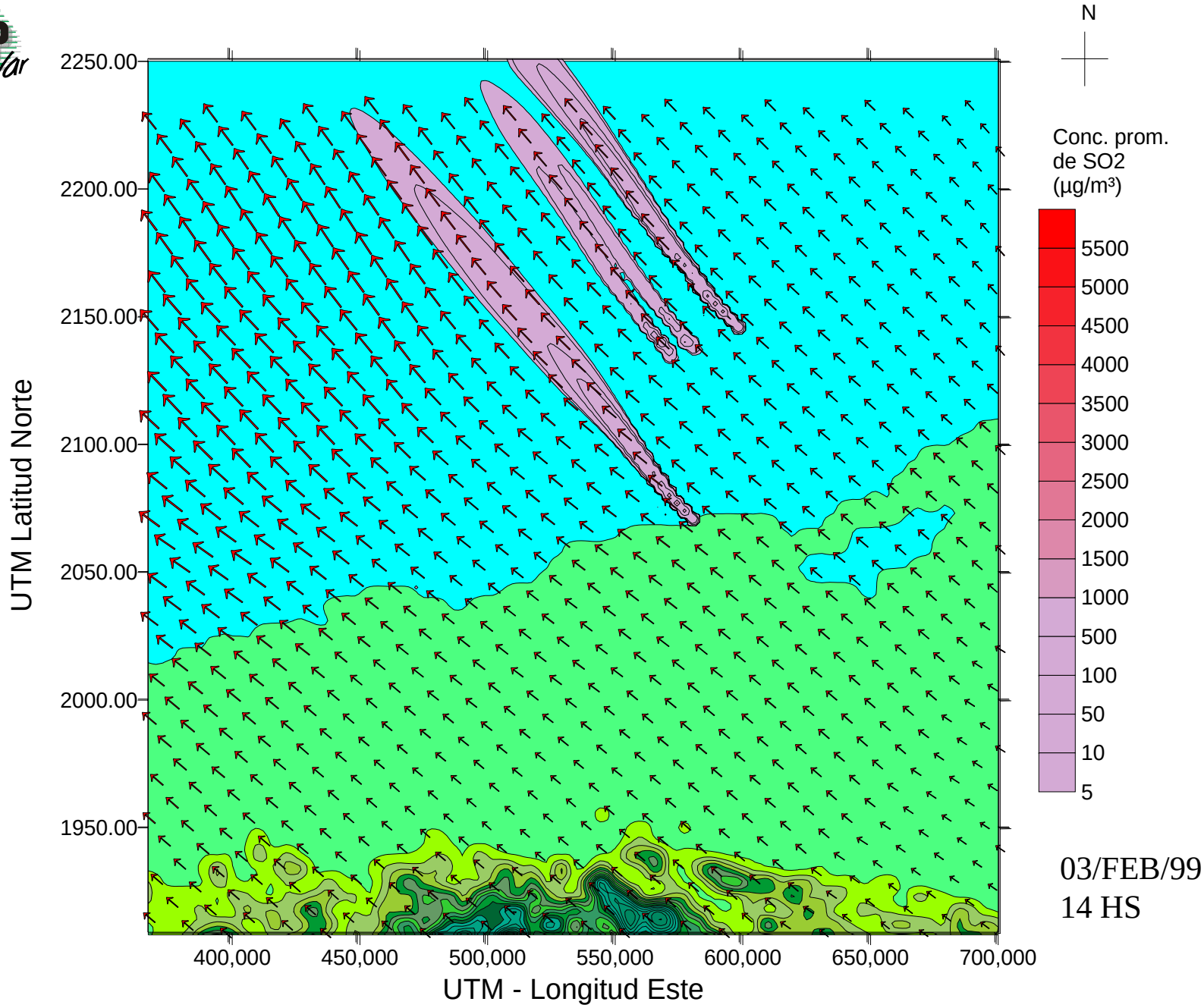

N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
09 HS

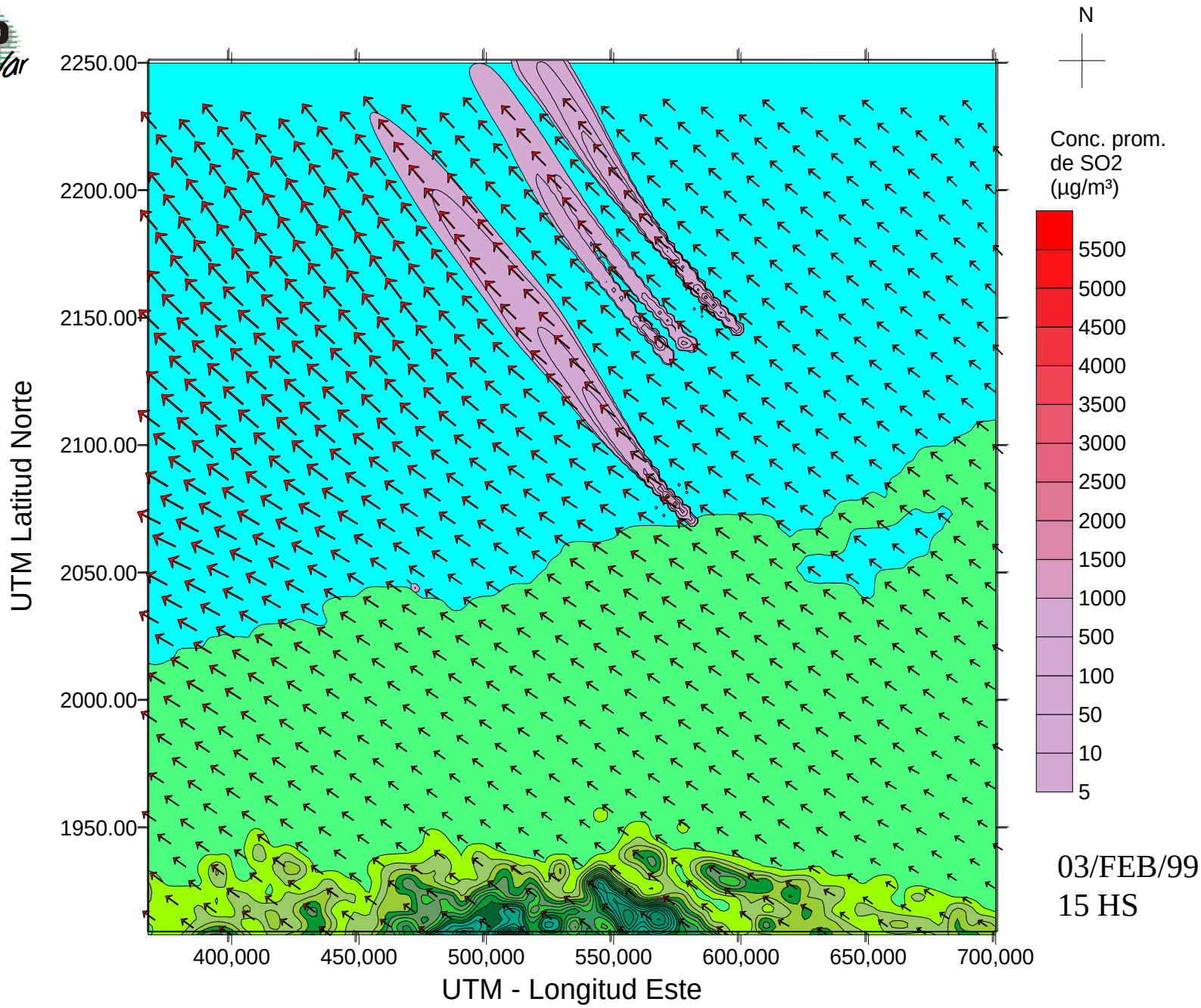

N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
10 HS

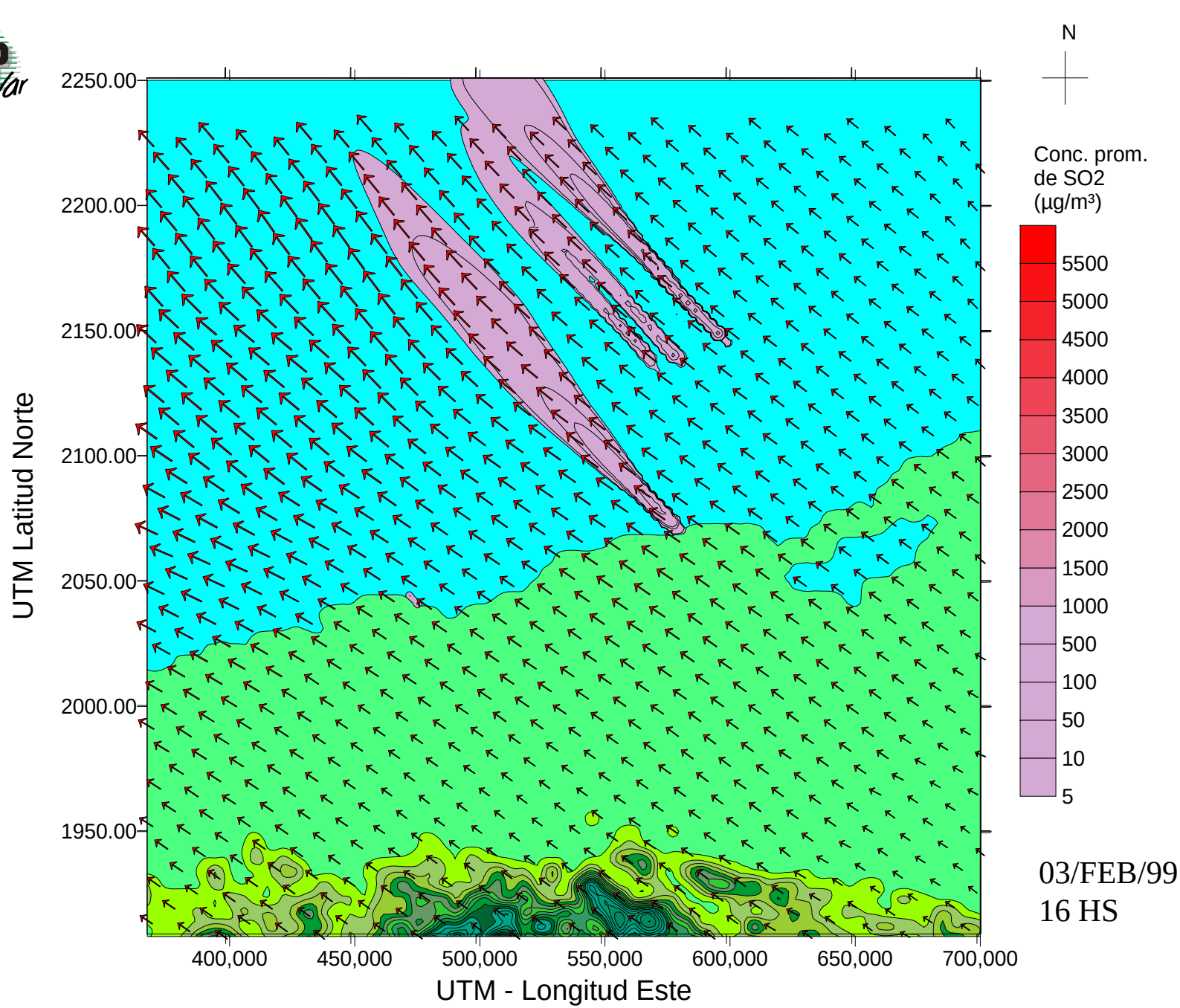

N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
11 HS

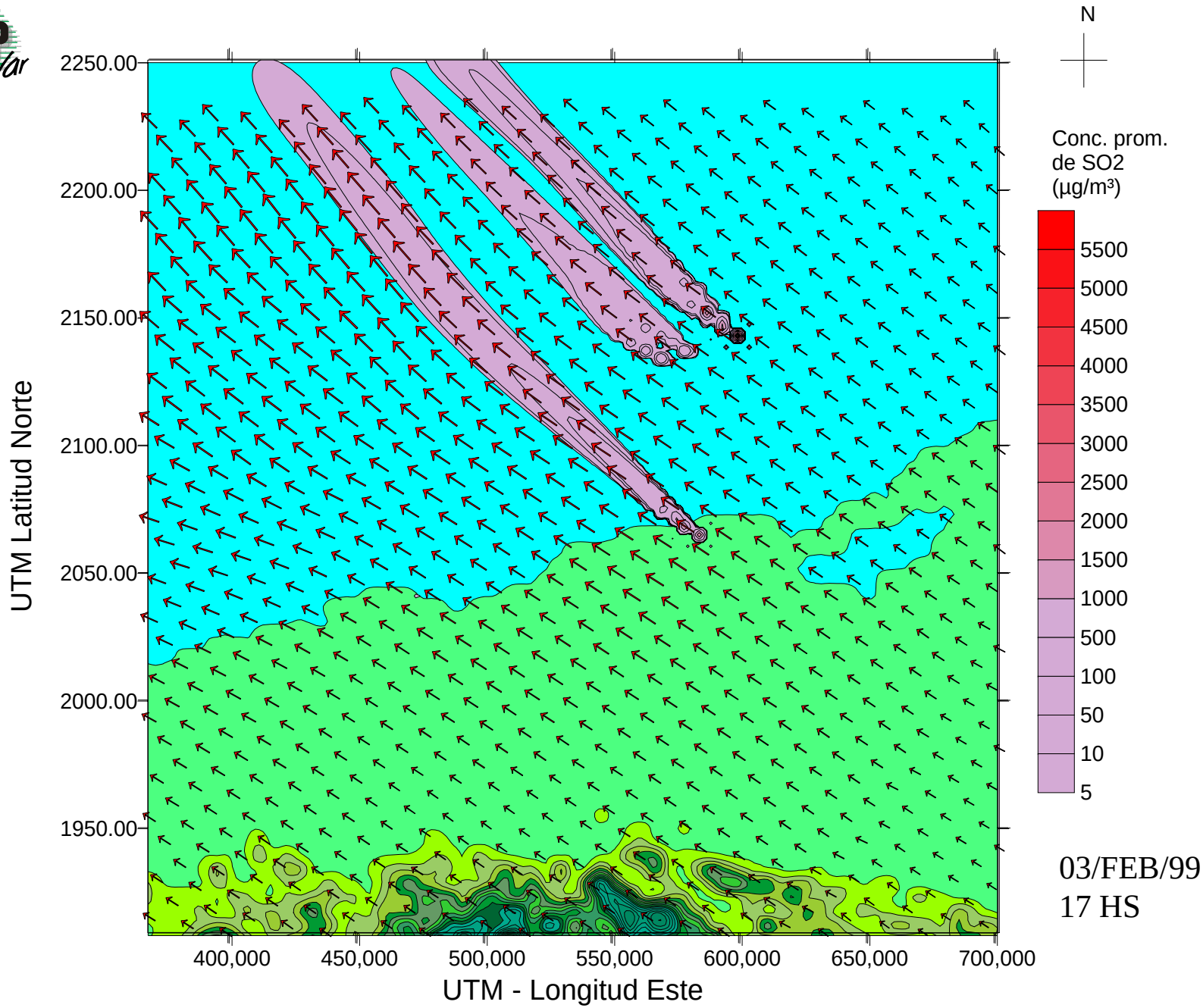

N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
12 HS

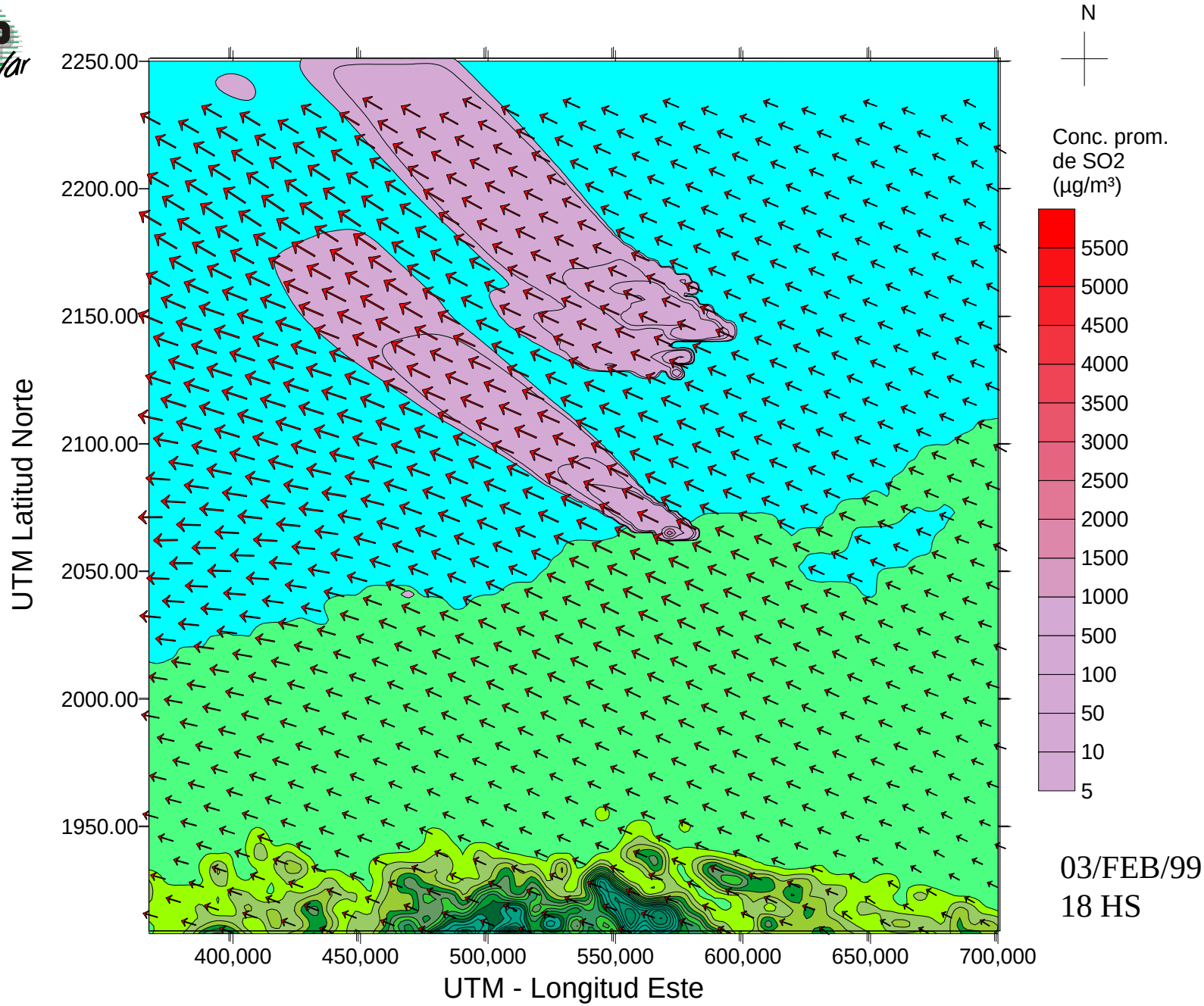

N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
13 HS

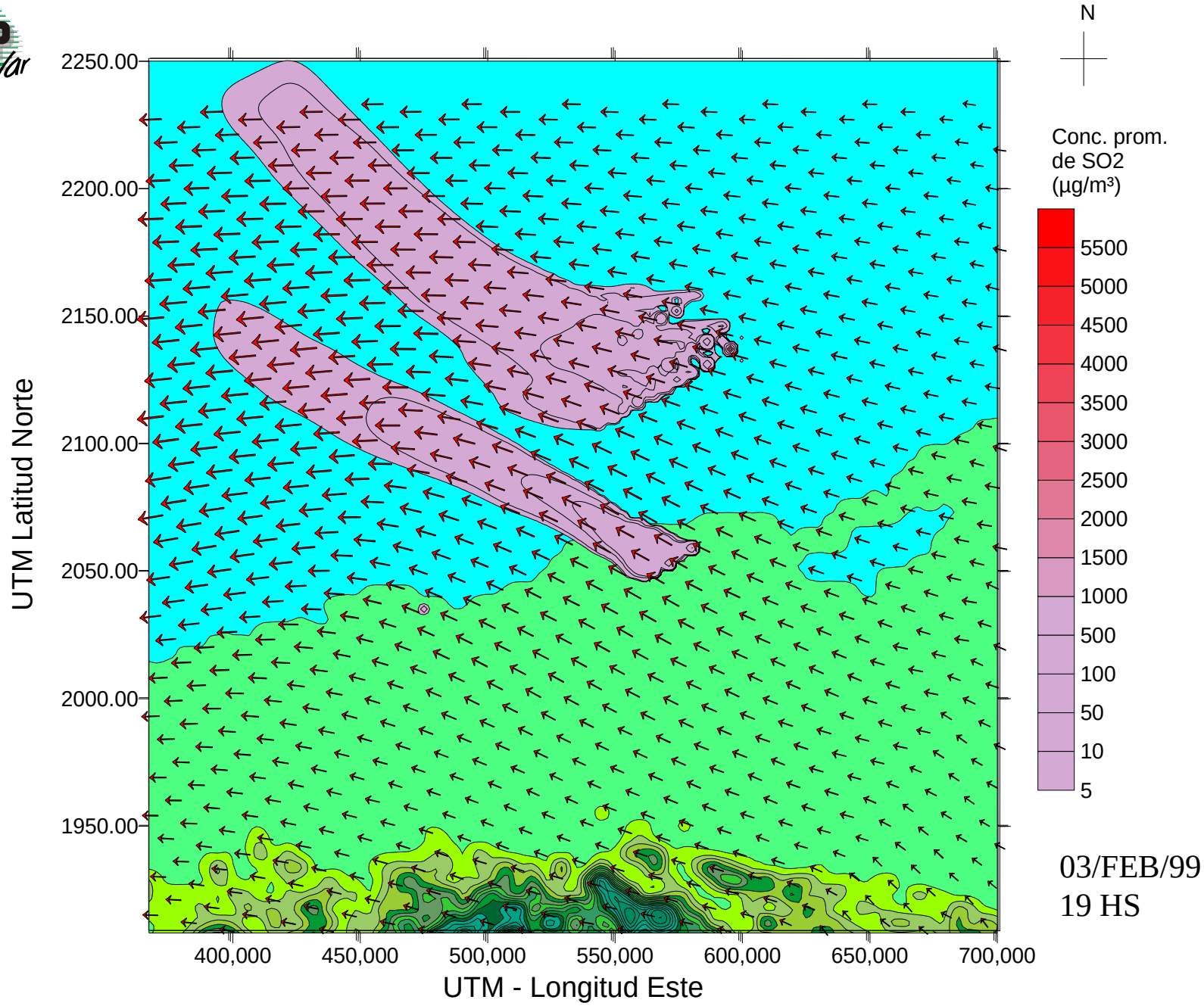

N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
14 HS

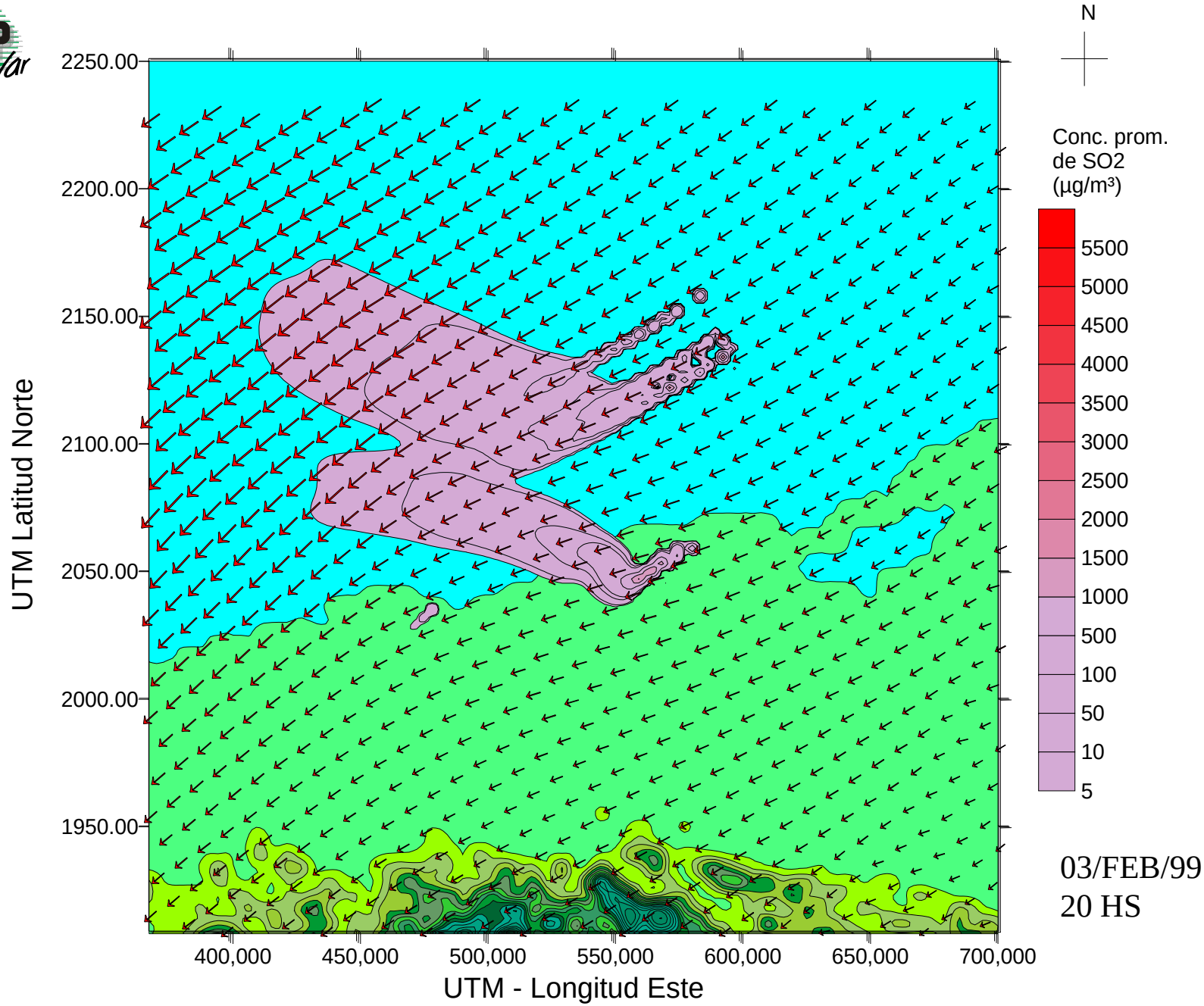

N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
15 HS

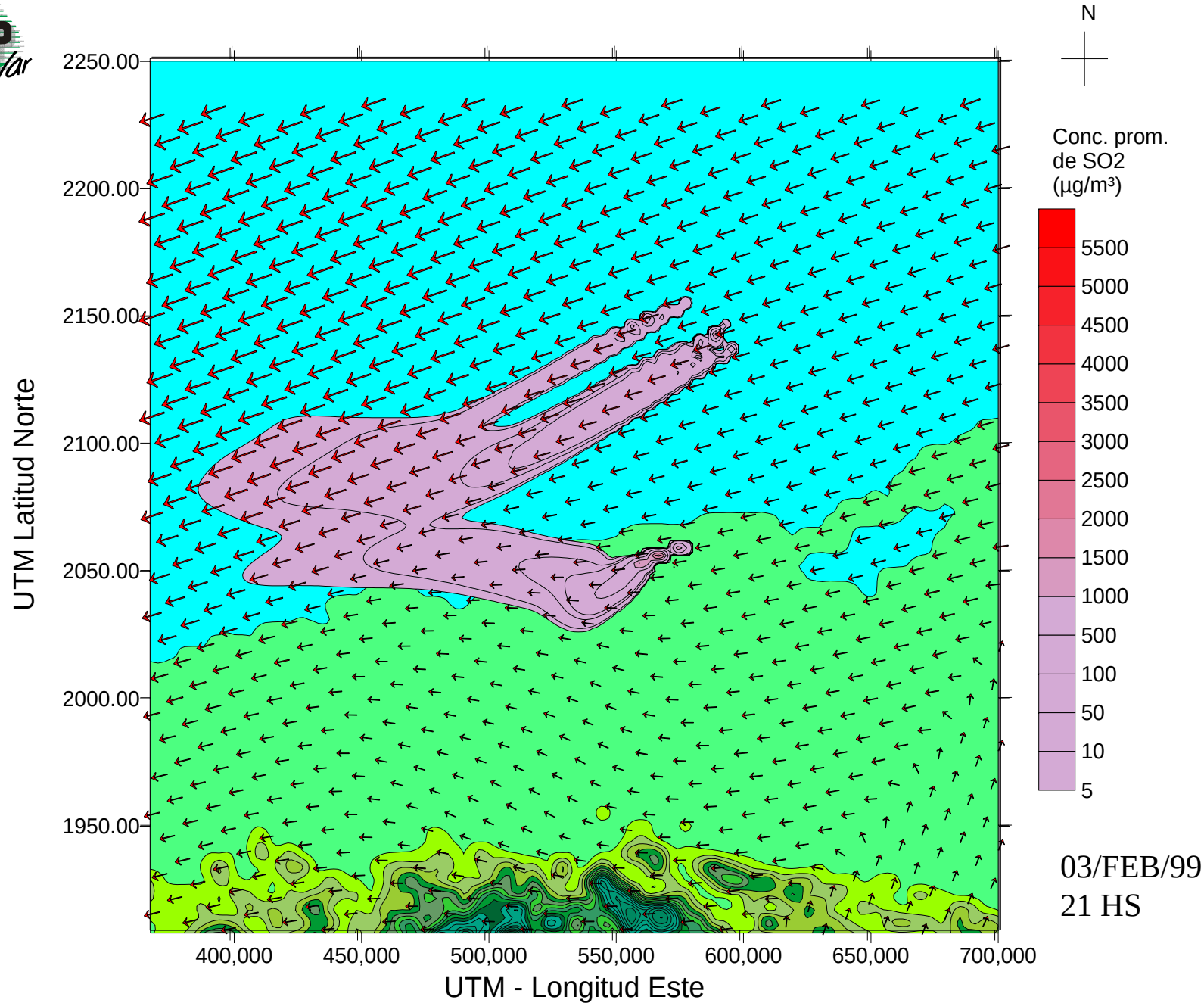

N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
16 HS

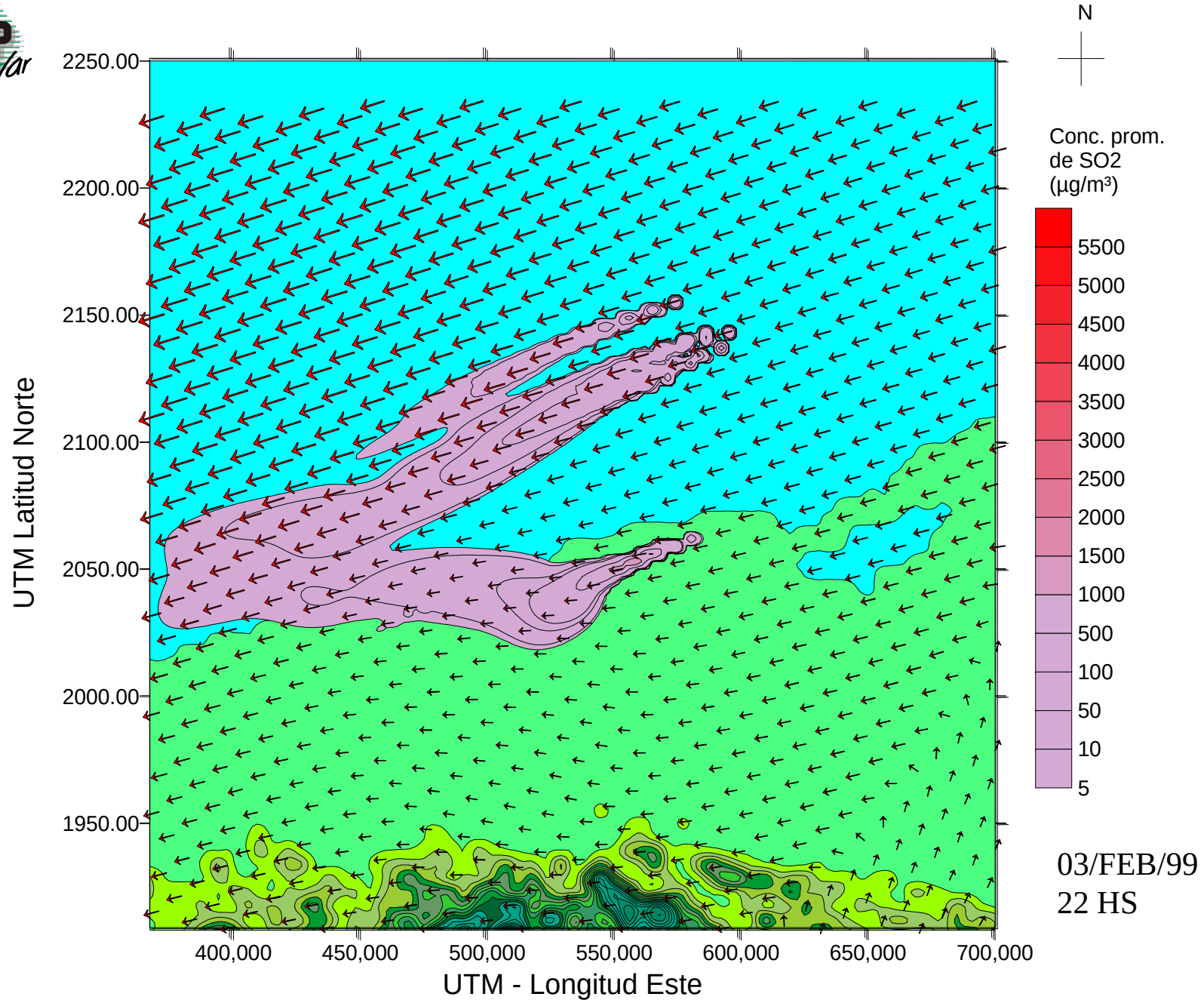

N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
17 HS

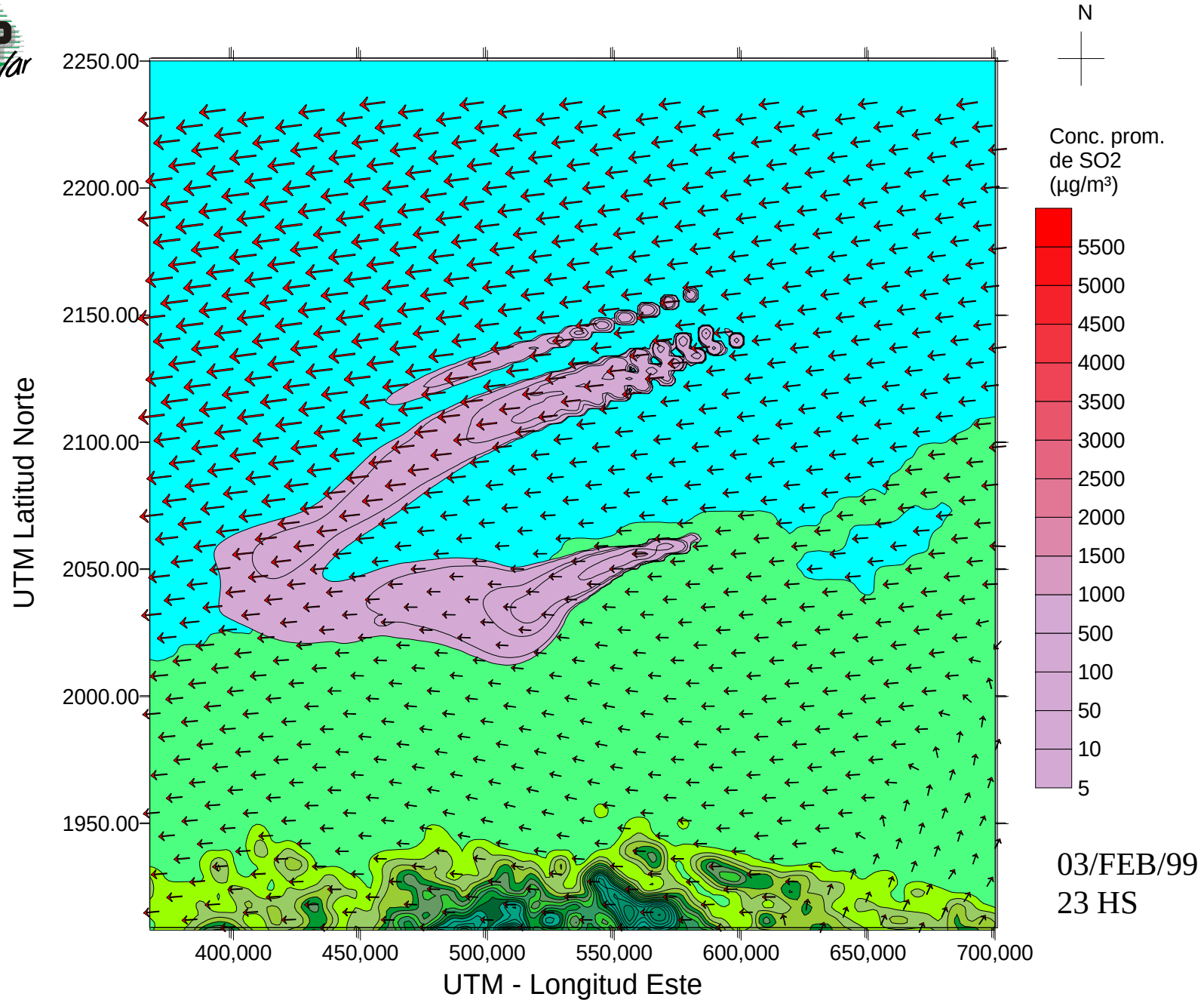

N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
18 HS

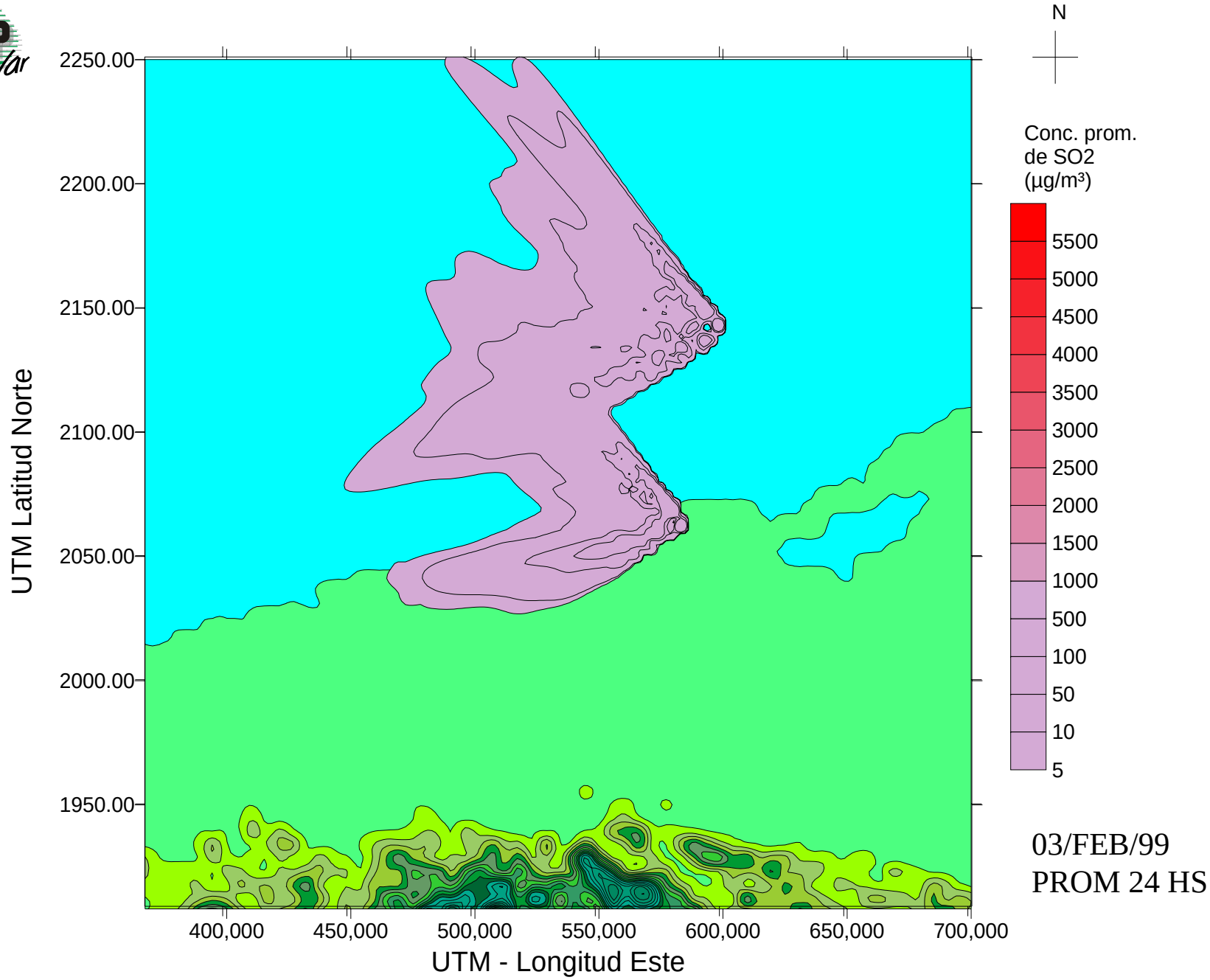

N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
19 HS


N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
20 HS

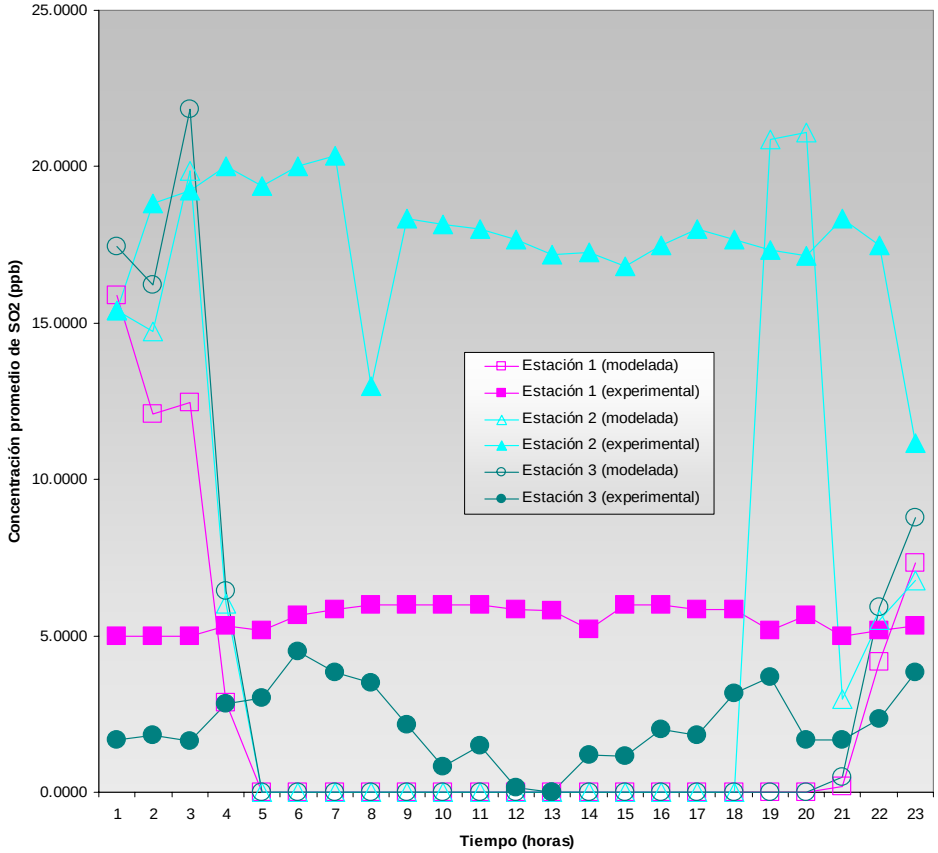

N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
21 HS


N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
22 HS


N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
23 HS


N
Conc. prom.
de SO2
(µg/m³)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
100
50
10
5
2250.00
2200.00
2150.00
2100.00
2050.00
2000.00
1950.00
UTM Latitud Norte
400,000
450,000
500,000
550,000
600,000
650,000
700,000
UTM - Longitud Este
03/FEB/99
PROM 24 HS

Comparación con mediciones



Se obtuvo la mejor concordancia entre las predicciones y la medición en la estación 1 durante las primeras 3 horas y entre las 19 y 20 horas.

Conclusiones

►Las predicciones del modelo, muestran que la mayor parte del tiempo, las plumas de contaminantes se encuentran costa afuera, excepto en las zonas inmediatamente adyacentes a el puerto de Dos Bocas y la Península de Atasta y a partir de las 20:00 horas para la pluma que proviene de Atasta, en que los cambios en la dirección del viento ocasionan que permanezca tierra adentro.

►La comparación con los datos medidos en dos estaciones de calidad del aire de de Dos Bocas, muestran que, los valores predichos con el modelo CALPUFF, son en general menores a los medidos por dichas estaciones.

►Tanto los valores medidos como los valores pronosticados por el modelo, indican que las concentraciones son mucho menores al el valor de la Norma Oficial Mexicana (130 ppb promedio de 24 horas).

Muchas gracias