

SERVICIO NACIONAL DE
METEOROLOGIA E HIDROLOGIA
SENAMHI

INFORME FINAL
SOBRE INVERSION TERMICA
Y DISPERSION ATMOSFERICA
EN LA ZONA DE ILO

AUSPICIADO POR
LA COMISION DE ALTO NIVEL DE LOS VALLES DE
ILO Y TAMBO

Elaborado por :

Elizabeth CULQUI
Orlando CCORA

Lima Peru

1995

SNMH
551.510.42
C 2

**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E
HIDROLOGÍA**



**INFORME FINAL SOBRE INVERSIÓN
TÉRMICA Y DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA EN
LA ZONA DE ILO**

**AUSPICIADO POR LA COMISIÓN DE ALTO NIVEL
DE LOS VALLES DE ILO Y TAMBO**

**Lima Perú
1995**

I N D I C E

	<u>Página</u>
LISTA DE CUADROS	iv-v
LISTA DE MAPAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii-xii
FOTOS	18-30
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS.....	2
III. REVISION DE LITERATURA	2
3.1. Aspectos Generales de la Contaminación.....	2
3.2. Contaminación Potencial del Aire	4
3.3. El rol del viento en la contaminacion del Aire	5
3.4. Estabilidad Vertical	7
3.5. Capa de Mezcla Vertical..	9
3.6. Ciclo de una Sustancia en la Atmósfera	10
IV. MATERIALES Y METODOS	12
4.1. Materiales	12
4.1.1. Descripción del Area en estudio	12
4.1.2. Materiales y equipos.....	12
4.1.2.1. Red de estaciones Anemométricas	12
4.1.2.2. Tipo de instrumental instalado en superficie.....	14
4.1.2.3. Equipo e insumos de mediciones aerológicas.....	14
4.1.2.4. Información meteorológica básica	15
4.2. Metodología	17
4.2.1. Período de evaluación	17
4.2.2. Procesamiento de los datos	31
4.2.2.1. Análisis de Flujos de Aire.....	32
4.2.3. Información climatológica básica.....	34

11y98

Proc.: JSS

V. RESULTADOS	36
5.1. Características climáticas del área en estudio.....	36
5.2. Analisis de los perfiles de viento en superficie.....	36
5.2.1. Primera Campaña.....	36
5.2.2. Segunda Campaña.....	38
5.3. Análisis del régimen de los vientos a lo largo del valle de Ilo para los períodos diurno y nocturno	41
5.3.1 Período Diurno.....	41
5.3.1.1 Puerto Ilo.....	41
5.3.1.2 Parte baja del valle.....	43
5.3.1.3 Parte media del valle.....	32
5.3.1.4 Parte alta del valle.....	46
5.3.2 Período Nocturno.....	46
5.3.2.1 Puerto Ilo.....	46
5.3.2.2 Parte baja del valle.....	46
5.3.2.3 Parte media del valle.....	50
5.3.2.4 Parte alta del valle.....	50
5.4. Análisis del régimen del viento estacional.....	53
5.4.1 Estación de Verano.....	53
5.4.1.1 Régimen del viento de Puerto Ilo en Verano.....	53
5.4.1.2 Régimen Estival del viento en la parte Baja del valle.....	55
5.4.1.3 Régimen Estival del viento en la parte media del valle.....	57
5.4.1.4 Régimen Estival del viento en la parte alta del valle.....	59
5.4.2 Estación de Otoño.....	61
5.4.2.1 Régimen Otoñal del viento en Puerto Ilo.....	61
5.4.2.2 Régimen Otoñal del viento en la parte Baja del valle.....	63
5.4.2.3 Régimen Otoñal del viento en la parte media del valle.....	65
5.4.2.4 Régimen Otoñal del viento en la parte alta del valle.....	67
5.4.3 Estación de Invierno.....	69

5.4.3.1	Régimen del viento de Puerto Ilo en Invierno.....	69
5.4.3.2	Régimen Invernal del viento en la parte Baja del valle.....	71
5.4.3.3	Régimen Invernal del viento en la parte media del valle.....	71
5.4.3.4	Régimen Estival del viento en la parte alta del valle.....	74
5.4.4	Estación de primavera.....	76
5.4.4.1	Régimen del viento en puerto Ilo en primavera.....	76
5.4.4.2	Régimen del viento en la parte Baja del valle en primavera.....	78
5.4.4.3	Régimen del viento en la parte Media del valle en primavera....	80
5.4.4.4	Régimen del viento en la parte Baja del valle en primavera.....	82
5.5.	Análisis del régimen del viento anual.....	84
5.5.1	Regimen anual de viento en Puerto Ilo.....	84
5.5.2	Regimen anual de viento en la Parte baja del valle de Ilo.....	86
5.5.3	Regimen anual de viento en la Parte Media del valle de Ilo.....	86
5.5.4	Regimen anual de viento en la Parte alta del valle de Ilo.....	86
5.6.	distribución vertical de la temperatura.....	90
5.6.1	Situación de la inversión térmica en La Joya.....	90
5.6.2	Situación de la inversión térmica en Antofagasta.....	90
5.6.3	Situación de la inversión térmica en Ilo.....	91
5.7.	Capa de mezcla. Indices de ventilación.....	93
VI.	CONCLUSIONES.....	95
VII.	RECOMENDACIONES.....	97
IX.	BIBLIOGRAFIA	98

LISTA DE CUADROS

<u>No.</u>	<u>Descripción</u>	<u>Página</u>
1	Cronograma de lanzamientos aerológicos efectuados en Pucará. 1ra. Campaña, Junio 1977	16
2	Idem 1. 2da. Campaña, Julio 1978	16
3	Nomenclaturas de la Rosa de Viento en 16 Sectores	33
4	Nomenclatura de la Rosa de Viento en 8 Sectores.....	33
5	Frecuencia de dirección de viento y su velocidad en la Parte Media y Alta del valle de Ilo. Período 11-24 marzo 1991.....	37
6	Frecuencia de dirección de viento y su velocidad en la Parte Baja y Media del valle de Ilo. Período 18-30 Agosto 1991.....	38
7	Frecuencia de dirección de viento y su velocidad en la Parte Baja y Media del valle de Ilo. Período 11-24 marzo 1991.....	40
8	Frecuencia de dirección de viento y su velocidad en la Parte Baja y Media del valle de Ilo. Período 18-30 Agosto 1991.....	41
9	Frecuencia por direcciones y Velocidad promedio del viento. Período Diurno. Localidad Puerto ILO. Período Dic 1990/ Nov 1991	42
10	Idem 9. Parte Baja del Valle de Ilo.....	44
11	Idem 9. Parte Media del Valle de Ilo.....	45
12	Idem 9. Parte Alta del Valle de Ilo.....	47
13	Frecuencia por direcciones y Velocidad promedio del viento. Período Nocturno. Localidad Puerto ILO. Período Dic 1990/ Nov 1991	48
14	Idem 13. Parte Baja del Valle de Ilo.....	49
15	Idem 13. Parte Media del Valle de Ilo.....	51
16	Idem 13. Parte Alta del Valle de Ilo.....	52
17	Frecuencia por direcciones y Velocidad promedio del viento.	

	Localidad Puerto ILO. Verano 1991	54
18	Idem 17. Parte Baja del Valle de Ilo.....	56
19	Idem 17. Parte Media del Valle de Ilo.....	58
20	Idem 17. Parte Alta del Valle de Ilo.....	60
21	Frecuencia por direcciones y Velocidad promedio del viento. Localidad Puerto ILO. Otoño 1991	62
22	Idem 21. Parte Baja del Valle de Ilo.....	64
23	Idem 21. Parte Media del Valle de Ilo.....	66
24	Idem 21. Parte Alta del Valle de Ilo.....	68
25	Frecuencia por direcciones y Velocidad promedio del viento. Localidad Puerto ILO. Invierno 1991	70
26	Idem 25. Parte Baja del Valle de Ilo.....	72
27	Idem 25. Parte Media del Valle de Ilo.....	73
28	Idem 25. Parte Alta del Valle de Ilo.....	75
29	Frecuencia por direcciones y Velocidad promedio del viento. Localidad Puerto ILO. Primavera 1990/91.....	77
30	Idem 29. Parte Baja del Valle de Ilo.....	79
31	Idem 29. Parte Media del Valle de Ilo.....	81
32	Idem 29. Parte Alta del Valle de Ilo.....	83
33	Frecuencia por direcciones y Velocidad promedio del viento. Localidad Puerto ILO. Período Dic 1990/ Nov 1991.....	85
34	Idem 33. Parte Baja del Valle de Ilo.....	87
35	Idem 33. Parte Media del Valle de Ilo.....	88
36	Idem 33. Parte Alta del Valle de Ilo.....	89
37	Alturas de Capa de mezcla e índices de ventilación en la localidad de ILO	94

LISTA DE MAPAS

<u>No.</u>	<u>Descripción</u>	<u>Página</u>
1	Ubicación de la zona de ILO.....	13
2.	Ubicacion de las estaciones de Altura.....	35

LISTA DE FIGURAS

<u>No.</u>	<u>Descripción</u>	<u>Página</u>
1	Dirección y velocidad del viento promedio correspondiente a la Parte Baja del Valle de Ilo . Semana del 11 al 17 de marzo 1991.....	100
2	Dirección y velocidad del viento promedio correspondiente a la Parte Media del Valle de Ilo . Semana del 18 al 24 de marzo 1991.....	101
3	Dirección y velocidad del viento promedio correspondiente a la Parte Baja del Valle de Ilo . Semana del 18 al 23 de agosto 1991.....	102
4	Dirección y velocidad del viento promedio correspondiente a la Parte Baja del Valle de Ilo . Semana del 24 al 29 de agosto 1991.....	103
5	Frecuencia Horaria de la dirección del viento . Parte Baja del valle de Ilo. Primer Período 1991.....	104
6	Frecuencia Horaria de la dirección del viento . Parte Baja del valle de Ilo. Primer Período 1991.....	105
7	Frecuencia Horaria de la dirección del viento . Parte Media del valle de Ilo. Segundo Período 1991.....	106
8	Frecuencia Horaria de la dirección del viento . parte Baja del valle de Ilo. Segundo Período 1991.....	107
9	Dirección y velocidad del viento promedio correspondiente Puerto de ILO . Período diurno 1990/91	108
10	Idem 9. Parte baja del valle de Ilo	109
11	Idem 9. Parte Media del valle de Ilo	110
12	Idem 9. Parte Alta del valle de Ilo	111
13	Dirección y velocidad del viento promedio correspondiente Puerto de ILO . Período nocturno 1990/91	112
14	Idem 13. Parte baja del valle de Ilo	113
15	Idem 13. Parte Media del valle de Ilo	114
16	Idem 13. Parte Alta del valle de Ilo	115
17	Dirección y velocidad del viento promedio correspondiente Puerto de ILO . Período 1990/91	116

18	Idem 17. Parte baja del valle de Ilo	117
19	Idem 17. Parte Media del valle de Ilo	118
20	Idem 17. Parte Alta del valle de Ilo	119
21	Altura de la base de inversión Térmica en La Joya.....	120
22	Espesor de la capa de inversión Térmica en la Joya.....	121
23	Temperatura en la base de inversión Térmica en la Joya.....	122
24	Intensidad de la inversión Térmica en la Joya.....	123
25	Altura de la base de inversión Térmica , su intensidad .Mollendo 1982.....	124
26	Altura de la base de inversión Térmica , su intensidad .Mollendo 1983.....	125
27	Intensidad diaria de la inversión Térmica , Mollendo jun/set 1982.....	126
28	Intensidad diaria de la inversión Térmica , Mollendo oct/dic 1982.....	127
29	Frecuencia de alturas de base de inversion en Antofagasta.....	128
30	Frecuencia estacional de alturas de base de inversión en Antofagasta.....	129
31	Distribución diaria de alturas de inversión en Antofagasta.....	130
32	Distribución diaria de espesor de inversion en Antofagasta.....	131
33	Variación de la temperatura en la localidad de Ilo. Primera Campaña de Mayo 1991	132
34	Perfil Vertical de temperatura .Ilo Campaña Mayo 03/91. Hora 07:00.....	133
35	Idem 22. Hora:10:00.....	134
36	Idem 22. Hora:12:00.....	135
37	Idem 22. Hora:14:00.....	136
38	Idem 22. Hora:16:00.....	137
39	Idem 22. Hora:19:00.....	138

40	Idem 22. Hora:22:00.....	139
41	Idem 22. 04/91 Hora:04:00.....	140
42	Idem 22. Hora:07:00.....	141
43	Idem 30. Hora:09:00.....	142
44	Idem 30. Hora:11:00.....	143
45	Idem 30. Hora:13:00.....	144
46	Idem 30. Hora:15:50.....	145
47	Idem 30. Hora:17:00.....	146
48	Idem 30. Hora:20:00.....	147
49	Idem 30. Hora:23:00.....	148
50	Idem 30. 05/91 Hora:02:00.....	149
51	Idem 30. Hora:05:00.....	150
52	Idem 41. Hora:08:00.....	151
53	Idem 41. Hora:10:00.....	152
54	Idem 41. Hora:11:00.....	153
55	Idem 41. Hora:13:00.....	154
56	Idem 41. Hora:16:00.....	155
57	Idem 41. Hora:19:00.....	156
58	Idem 41. Hora:21:00.....	157
59	Idem 41.06/91 Hora:04:00.....	158
60	Idem 30. Hora:07:00.....	159
61	Idem 51. Hora:08:00.....	160
62	Idem 51. Hora:11:00.....	161
63	Idem 51. Hora:12:00.....	162
64	Idem 51. Hora:15:00.....	163
65	Idem 51. Hora:19:00.....	164
66	Idem 51. Hora:21:00.....	165
67	Idem 51. 07/91 Hora:09:00.....	166

68	Idem 51. Hora:12:00.....	167
69	Idem 51. Hora:15:00.....	168
70	Idem 59. Hora:17:30.....	169
71	Idem 59. Hora:19:00.....	170
72	Distribución Temporal de la Base y Tope de Inversión Térmica. Puerto de ILO 03 al 07 de Mayo 1991.....	171
73	Distribución Temporal de la Intensidad de inversión Térmica. Puerto de ILO 03 al 06 de Mayo 1991.....	172
74	Distribución Temporal de la temperatura en la base de la Inversión Térmica. Puerto de ILO 03 al 07 de Mayo 1991.....	173
75	Distribución Temporal del espesor de inversión Térmica. Puerto de ILO 03 al 06 de Mayo 1991.....	174
76	Idem 26. Segunda Campaña de Lanzamientos Aero- lógicos, Setiembre 1991.....	175
77	Perfil Vertical de temperatura .Ilo Campaña Setiembre 07/91. Hora 07:00.....	176
78	Idem 69.Hora:10:00.....	177
79	Idem 69.Hora:12:00.....	178
80	Idem 69 Hora:15:00.....	179
81	Idem 69. Hora:18:00.....	180
82	Idem 69 Hora:20:00.....	181
83	Idem 69. Hora:21:00.....	182
84	Idem 69. 08/91. Hora:07:00.....	183
85	Idem 76. Hora:10:00.....	184
86	Idem 76. Hora:13:00.....	185
87	Idem 76. Hora:14:00.....	186
88	Idem 76. Hora:16:00.....	187
89	Idem 76. Hora:19:00.....	188
90	Idem 76. Hora:21:00.....	189
91	Idem 76. Hora:23:40.....	190

92	Idem 83. 09/91. Hora:02:00.....	191
93	Idem 84. Hora:06:00.....	192
94	Idem 84. Hora:10:00.....	193
95	Idem 84. Hora:11:00.....	194
96	Idem 84. Hora:12:00.....	195
97	Idem 84. Hora:13:00.....	196
98	Idem 84. Hora:15:00.....	197
99	Idem 84. Hora:17:00.....	198
100	Idem 84. Hora:19:00.....	199
101	Idem 84. Hora:21:00.....	200
102	Idem 84. Hora:23:39.....	201
103	Idem 84. 10/91. Hora:01:00.....	202
104	Idem 94. Hora:03:00.....	203
105	Idem 94. Hora:05:00.....	204
106	Idem 94. Hora:08:00.....	205
107	Idem 37. Hora:12:00.....	206
108	Idem 94. Hora:16:00.....	207
109	Idem 94. Hora:19:00.....	208
110	Idem 94. Hora:21:00.....	209
111	Idem 94. Hora:09:00.....	210
112	Idem 94. Hora:12:00.....	211
113	Idem 94. Hora:15:00.....	212
114	Idem 94. Hora:17:00.....	213
115	Idem 94. Hora:19:00.....	214
116	Distribución Temporal de la Base y Tope de Inversión Térmica. Puerto de ILO 07 al 11 de Setiembre 1991.....	215
117	Distribución Temporal del espesor de inversión Térmica. Puerto de ILO 07 al 11 de set, 1991.....	216
118	Distribución Temporal de la Intensidad de inversión	

	Térmica. Puerto de ILO 07 al 11 de set.1991.....	217
119	Distribución Temporal de la temperatura en la base de la Inversión Térmica. Puerto de ILO 07 al 11 de setiembre 1991.....	218
120	Distribución Temporal de la base de la Inversión Térmica. Valle de ILO. 11 de setiembre 1991.....	219

I.- INTRODUCCION

La interrelación entre el hombre y el medio ambiente es alterada por la contaminación del aire, del suelo y de las aguas resultando un deterioro de la salud en el hombre, en su bienestar y en su economía, lo que afecta consecuentemente el futuro desarrollo social, económico e industrial de los lugares o zonas afectadas. Este grave problema de contaminación ambiental se puede prevenir y controlar hasta un límite compatible con el desarrollo actual a través de una política gubernamental y tecnológica bien definida.

En el Perú, sobre aspectos meteorológicos de la contaminación atmosférica, poco se ha hecho hasta el presente. Una de las razones fundamentales de esta situación es que para este tipo de estudio se hace necesario observaciones netamente experimentales dentro de la capa límite atmosférica de los focos de contaminación y lugares aledaños.

GASTAÑAGA (1974) considera que las dos principales fuentes de contaminación de anhídrido sulfuroso (SO_2) son la fundición de cobre, plomo y zinc de La Oroya y la fundición de cobre de Ilo, descargando ambas el 88.6% del total de emisiones de SO_2 a nivel nacional en un día promedio.

La Comisión de Alto Nivel de los valles de Ilo y Tambo, por ley en 1990 era el Organismo encargado de evaluar los daños a la Agricultura del valle de ILO, causados por los humos de la Fundición de cobre de la SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION instalado en ILO.

La Comisión de Alto Nivel de los valles de Ilo y Tambo, teniendo en consideración la importancia de estos problemas, solicitó al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), realizar los estudios de contaminación correspondiente en el campo meteorológico, para lo cual suscribió un Convenio de Cooperación Técnica, en virtud al cual se instaló una red de cuatro estaciones meteorológicas con propósitos específicos (PE); efectuándose mediciones continuas de viento desde Diciembre 1990 hasta noviembre 1991.

Haciendo uso de esta valiosa información, se efectúa el presente estudio sobre las condiciones meteorológicas como apoyo a la prevención y control de la contaminación del aire en la ciudad y valle de ILO, ya que una de las formas de controlar y prevenir la contaminación es a través del conocimiento de las condiciones atmosféricas que transportan y difunden los contaminantes.

II.- OBJETIVOS

Los principales objetivos del presente estudio, consisten en :

- 1.- Evaluar y analizar el comportamiento de la velocidad y dirección del viento durante el día y la noche en el valle y Puerto de ILO; y
- 2.- Evaluar y Analizar la estructura vertical de la atmósfera en la zona de estudio.

Estos dos objetivos tienen la finalidad de conocer si los factores meteorológicos son favorables o no a una mayor concentración de contaminantes en el aire para que en el futuro se tomen las debidas precauciones en la operación del complejo minero-metalúrgicos .

III. REVISION DE LITERATURA

3.1 ASPECTOS GENERALES DE LA CONTAMINACION.-

La contaminación es toda alteración en el ambiente, provocada por sustancias capaces de perjudicar poblaciones de microorganismos, flora, fauna, salud del hombre, debido al mal uso que el hombre hace del medio ambiente.

Las sustancias capaces de causar contaminación son llamadas contaminantes y ellos pueden encontrarse aislados o como componentes de diversos materiales.

Un problema de contaminación que pudiera presentarse, reside en los posibles efectos que pueden tener en las aguas marinas que es bastante compleja debido a la diversa composición química de las sustancias que ingresan al ambiente hídrico, las cuales producen diferentes efectos en los recursos marinos. Los agentes contaminadores del medio ambiente llegan a los mares y océanos de dos formas:

- a) Directamente, mediante descargas de desechos líquidos y sólidos, producto de actividades industriales y urbanas; y
- b) Indirectamente, a través de los ríos y la atmósfera.

Con respecto a la contaminación indirecta a través de los ríos, éstos transportan residuos principalmente de industrias mineras, que están ubicadas en zonas alejadas a la costa, los que descargan a las aguas marítimas, donde los residuos minerales de dichos procesos se sedimentan, destruyendo la flora que se desarrolla en zonas costeras, como el plancton que es el alimento básico para la vida acuática en las aguas marítimas.

Con respecto a la contaminación indirecta a través de la atmósfera, ésta transporta a escala mundial una parte importante de contaminantes que llegan al océano. Esto se debe a que el tiempo de presencia en la atmósfera de partículas de aerosoles, vapores y gases es comparable, e incluso mayor que el tiempo de mezcla alrededor de un cinturón latitudinal (BOLIN 1960, PEIRSON y CAMBRAY 1965).

La meteorología contribuye en medida considerable al desarrollo de métodos para la reducción al mínimo de las consecuencias de la contaminación marina. Esto se debe a que las condiciones de la superficie del mar están influenciadas, en gran medida, por las condiciones meteorológicas y viceversa.

El movimiento y la conducta de los agentes contaminadores en la superficie del mar, dependen considerablemente de los vientos y de las ondas en superficie. La evaluación de la dispersión de agentes contaminadores se puede hacer aún más eficaz, introduciendo otros factores como las corrientes oceánicas y las corrientes ascendentes. Vale mencionar, además, que el transporte y depósito de contaminantes desde la atmósfera a los océanos también están influenciados por los vientos de altura y la precipitación pluvial.

Con la instalación y funcionamiento de una fuente contaminante, como por ejemplo la fundición de Cobre, es importante tener en cuenta el efecto que tiene dicha fuente en la contaminación del suelo. Al momento de emitirse el penacho de humo, se inyecta a la atmósfera contaminantes gaseosos y sólidos (elementos pesados). Los elementos gaseosos se volatilizan y se difunden dentro de la biósfera, mientras que los elementos pesados precipitan a alguna distancia de la fuente de acuerdo a la fuerza de impulso del humo saliente y a la velocidad del viento.

WADLEIGH y DYAL (1970), reportan que el suelo es un efectivo descontaminador, ya que remueve y destruye organismos patogénicos, sin embargo, esta capacidad depurificadora varía dependiendo del tipo de suelo.

MUKAMMAL (1968), considera que cultivos tóxicos para el hombre y los animales pueden ser producidos si el suelo es

contaminado con elementos como el plomo, cadmio o arsénico. Además, la producción también decrece en dichos suelos. El mencionado autor se basa en las investigaciones realizadas por el profesor H. V. WARREN de la Universidad de British-Columbia, y por la señorita HELEN CANNON del U. S. Geological Survey, quienes detectaron la absorción del plomo del suelo por las plantas, encontrando 10 a 75 ppm en plantas bajo condiciones normales, mientras que en plantas que crecieron cerca a grandes yacimientos de plomo, la concentración se incrementó a 4,000 ppm.

En el caso de elementos gaseosos, con una combinación apropiada del viento, temperatura, vapor de agua e insolación, el contaminante penetra la capa límite y es transferido a la biósfera, pudiendo llegar a la tropósfera donde puede circular alrededor del globo terrestre hasta retornar a la superficie terrestre. Mientras se encuentra en suspensión, el contaminante es expuesto a la fotodescomposición y puede reaccionar con otros elementos antes de retornar al suelo. Sobre la superficie del suelo, el contaminante es sujeto a hundimientos dentro de la corteza terrestre debido a efectos de insolación, calor o actividad fisiológica. La lluvia, también favorece la infiltración en el perfil del suelo.

THOMAS y HENDRICKS (1956), indican que los aerosoles de ácido sulfúrico son producidos y pueden existir en la atmósfera, causando daños a las plantas cuando dichas partículas se sedimentan sobre las hojas de los cultivos.

Con relación a las partículas gruesas (diámetro mayor a 5 micrones), éstas pueden ser liberadas a la atmósfera por acción del viento, sin embargo, su tiempo de residencia es limitado a minutos u horas, debido a la sedimentación o a la acción de la precipitación pluvial.

MCCORMICK (1962), menciona que la contaminación atmosférica se caracteriza por una propiedad muy especial la cual es, que su efecto nocivo no sólo depende de la emisión de diferentes tipos de contaminantes primarios sino del modo como la atmósfera es capaz de transportarlos y difundirlos, característica denominada contaminación potencial.

3.2 CONTAMINACION POTENCIAL DEL AIRE

La contaminación potencial del aire está en función exclusivamente de los parámetros meteorológicos y topográficos, por lo tanto, puede ser discutida correctamente para una determinada localidad, sin considerar la presencia o ausencia de fuentes contaminantes.

A partir del momento en que un contaminante ingresa a la atmósfera, los mecanismos de difusión se encargan de transportarlos a distancias variables de la fuente de emisión. Este transporte y difusión pueden ser determinados a través de los factores climáticos que nos muestran la mayor o menor capacidad que tiene la atmósfera para originar efectos de contaminación. De ahí que existen zonas de alta contaminación potencial, sin que por ello contengan una fuente de emisión; esto significa que de instalarse en esos lugares fuentes contaminantes, éstas alterarían la calidad del aire debido a que presentan condiciones meteorológicas favorables a una mayor concentración de contaminantes.

Los datos climáticos son indispensables en la evaluación de mediciones de calidad del aire relacionados a la práctica del control de emisiones y tendencias de concentración de contaminantes en el aire. HOLZWORTH (1974), expresa que la razón fundamental para desarrollar la climatología de la contaminación potencial del aire en una ciudad, región o país, es proporcionar guías para efectuar un eficiente manejo de las emisiones contaminantes provenientes de fuentes existentes o futuras.

HOLZWORTH (1974), menciona también que la información de contaminación potencial del aire es importante para especificar los lugares de monitoreo de calidad del aire dentro de una ciudad y alrededores con respecto a los principales focos de contaminación. Estas relaciones entre flujos de viento prevaleciente y concentración de contaminantes son importantes en el monitoreo de calidad del aire.

Los datos climáticos también pueden ser utilizados para identificar fuentes contaminantes, ya sean específicas o de nivel de fondo. Con relación a la identificación de fuentes específicas, vale mencionar el estudio realizado por la COMISION DE ALTO NIVEL DE LOS VALLES DE ILO Y TAMBO (1976), en el que se concluye que los niveles de dióxido de azufre (SO_2) encontrados en el valle del Tambo tienen relación causal directa con la operación de la Fundición de Ilo de la Southern Perú Copper Corporation, registrándose las mayores concentraciones de dióxido de sulfuro en el valle del Tambo, cuando los vientos soplan del Sur-Oeste, es decir, del lugar de ubicación de la fundición hacia dicho valle.

3.3 EL ROL DEL VIENTO EN LA CONTAMINACION DEL AIRE

El viento transporta los contaminantes y generalmente lo hace horizontalmente, aunque no es la única dirección mediante la cual son movilizados, pues actúa al mismo tiempo la dispersión atmosférica, la cual depende de dos factores: a) la velocidad media del viento y b) Turbulencia Atmosférica.

La turbulencia a su vez se manifiesta con movimientos, sin orden definido (remolinos) generalmente ascendentes y que pueden mezclar el aire contaminado con el aire limpio circundante. Mientras mas fuerte sea la turbulencia más se dispersarán las sustancias extrañas a la atmósfera. Por ello con el estudio del viento en el Valle de Ilo nos permitirá conocer el comportamiento de la velocidad y dirección durante el día y por ende el grado (en forma cualitativa) de contaminación que los humos provenientes de la SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION, ejercen sobre el valle.

La información de viento en superficie es necesario para saber el comportamiento de la dirección y velocidad del viento tanto a nivel diurno como a nivel nocturno, esto es con el fin de ver la posibilidad de asociar o no a los vientos de montaña con las entradas de humo hacia el valle.

El movimiento del aire a mesoescala, involucra entre otros factores a la naturaleza de los accidentes topográficos y a las diferentes características de la superficie terrestre que pueden provocar calentamientos de tipo diferencial y originar circulaciones locales de características definidas como las denominadas brisas de valle y brisas de mar, entre otras.

Particularmente, debido a la ubicación de la zona de evaluación, las brisas de valle merecen especial atención. Vale anotar que las brisas de mar son tambien importantes pero debido a la persistencia de los vientos alisios debido por efecto del Anticiclón del Pacífico Sur anula en gran parte este efecto, de ahí que no se visualice con frecuencia los cambios de dirección de viento del día a la noche.

En la circulación de una brisa de valle y en una de montaña, puede observarse que durante el día, en las capas más cercanas a la superficie, se origina un flujo ascendente desde la base del valle hacia las cumbres de las montañas (brisas de valle); retornando un flujo en altura hacia la base del valle, estableciéndose un anillo de circulación. Lo contrario sucede durante la noche con las brisas de montañas.

Debido a que estas brisas son causadas por variaciones diurnas en la radiación neta, el ciclo diurno regular de estos dos vientos opuestos será más pronunciado en días con tiempo soleado. Así también, según DEFANT (1949), las brisas del valle y de montaña se desarrollan ampliamente a horas de mayor calentamiento y de mayor enfriamiento, respectivamente. Este autor ha desarrollado una teoría completa sobre los vientos de montaña, señalando que un valle tiene un doble sistema de vientos; durante el día se originan las brisas de valle y las de laderas ascendentes, y en la noche, las brisas de montaña y las de laderas descendentes. Asimismo, la circulación que genera cada una de estas brisas, se desarrollan mejor a horas del inicio

de calentamiento (ascendente) y a horas de inicio de enfriamiento (descendente).

Es evidente, entonces, que establecer un modelo tridimensional de vientos de valle y montaña es bastante complejo ya que el balance de energía en las laderas de un valle dependen de la inclinación, azimut y la naturaleza de la superficie. De ahí que varios autores, entre ellos MUNN (1966) y UTAAKER (1971), consideran que cada valle genera su propia circulación dependiendo de sus propiedades físicas y meteorológicas a gran escala.

El crecimiento de los vientos de valle y montaña a mesoescala (distancias horizontales entre 10 a 100 Km, según la OMM, 1984) son importantes para interpretar la contaminación atmosférica a mesoescala. El comportamiento cíclico de estos vientos, al producir una variación de 180° en la dirección del viento, pueden provocar un reciclaje de las sustancias emitidas y, por lo tanto, incrementar las concentraciones. Por otro lado, el efecto de drenaje de los vientos de ladera pueden causar una fumigación de contaminantes en el centro del valle. Así también, de presentarse vientos geostroficados intensos cuya dirección es ortogonal al eje del valle, causará un efecto de hundimiento aerodinámico favoreciendo una mayor concentración de contaminantes en el valle.

Los movimientos de aire a microescala (distancias horizontales menores que 10 Km) afectan las concentraciones de contaminantes en las inmediaciones de la fuente.

A esta escala, los cambios de rugosidad de la superficie, así como también los distintos obstáculos que se presenten, alteran en gran medida al campo de viento modificando también el grado de dispersión atmosférica. Así por ejemplo, PASQUILL (1962) señala que la incidencia de superficies irregulares adicionales causan un incremento en el esparcimiento y dilución de contaminantes, especialmente cuando ocurren vientos fuertes.

Por último, cabe señalar que los modelos de campos de viento tienden a ser más complejos a medida que las escalas van disminuyendo, de ahí que hasta la fecha no existe una teoría unificada válida para todos los tipos de flujos y en todas las condiciones a microescala (OMM, 1984).

3.4. ESTABILIDAD VERTICAL.-

La temperatura del aire disminuye generalmente con la altura alrededor de 1°C cada 100 m. (gradiente adiabático seco). Si la disminución de la temperatura ambiente es mayor que

la del gradiente adiabático seco, se puede hablar de una estratificación inestable; en este caso predomina una fuerte turbulencia por lo que las partículas en el aire serán transportadas verticalmente hacia capas más altas, consiguiéndose una fuerte dilución en la concentración de los contaminantes cerca al suelo y, por lo tanto, una menor contaminación del aire. Lo contrario ocurre cuando se presenta una estratificación estable.

La inversión térmica o aumento de la temperatura con la altura, genera una capa de estratificación estable, la cual bloquea totalmente cualquier tipo de intercambio vertical, causando una mayor concentración de contaminantes que pueden conducir, inclusive, a situaciones críticas de smog (PASQUILL, 1962; WANTA, 1965).

Los efectos de la estabilidad vertical sobre el comportamiento de las plumas de humo de una chimenea, son tipificados en seis clases diferentes :

- a) **Ondulado.-**
Ocurre en una atmósfera inestable, con días soleados y con vientos en calma o débiles. La columna de humo toma la forma ondulada. Altas concentraciones pueden llegar en algunos momentos hasta la superficie del suelo, siendo en general la dispersión muy eficiente.
- b) **Cónico.-**
El gradiente vertical de temperatura está comprendido entre el adiabático seco y el isotérmico. El penacho adopta una forma de cono y alcanza la superficie a una distancia mayor que en el caso del tipo ondulado. Es prevaeciente en períodos nublados y ventosos. Las ecuaciones de difusión se ajustan mejor a la realidad que en cualquier otro caso.
- c) **Abanicado.-**
Ocurre cuando el gradiente vertical es estable. La mezcla vertical es casi nula y la horizontal es menor que en el caso del tipo cónico. Como el viento es en general débil, el penacho meandrea en la horizontal. Dentro de éste, la concentración es elevada aunque difícilmente alcanza la superficie. Las condiciones más favorables para este caso son las noches despejadas con vientos en calma o débiles.
- d) **Elevado.-**
Ocurre con gradientes superadiabáticos por encima de una inversión térmica en superficie. La dispersión es eficiente hacia arriba pero totalmente suprimida hacia abajo dentro de la capa de inversión. Representa una situación de transición y ocurre hacia la puesta del Sol.

En la medida que la inversión crece en altura, es reemplazado por una situación del tipo c (abanicado).

e) **Fumigación.-**

Ocurre cuando se establece una inversión térmica por encima de un gradiente superadiabático. La dispersión hacia abajo es muy eficiente pero hacia arriba es casi nula. Las concentraciones son grandes en superficie ya que todo el material emitido queda confinado por debajo de la inversión. Esta situación es frecuente en las primeras horas de la mañana.

f) **Atrapamiento.-**

Ocurre cuando se establece una inversión térmica por encima de un gradiente ligeramente estable. La dispersión es similar a la de tipo cónico pero limitada hacia arriba por la inversión. Las concentraciones en superficie son mayores que en el caso de fumigación.

La estabilidad vertical puede presentar variaciones tanto diurnas como estacionales. Los resultados de las mediciones aerológicas en Cajamarquilla, efectuados por SHARRER y CULQUI (1978), muestran una mayor frecuencia de casos inestables durante las horas de mayor calentamiento, mientras que a horas de mayor enfriamiento, los casos estables predominan. Por otro lado, la frecuencia de casos inestables disminuye en el invierno.

3.5. CAPA DE MEZCLA VERTICAL.-

La altura de aquella parte de la atmósfera sobre la superficie terrestre dentro de la cual ocurren movimientos convectivos, generalmente secos, originados por el calentamiento radiativo, se denomina altura de capa de mezcla vertical. Su espesor depende en gran parte del calor suministrado desde la superficie y de la estructura térmica al inicio del calentamiento (HOLZWORTH, 1967).

Este parámetro meteorológico nos indica la altura hasta donde el aire y los contaminantes son mezclados vigorosamente, lo que nos permite conocer la capacidad de dilución de la atmósfera (SCIAN y QUINTEROS, 1975/76).

MCCALDIN y SHOLTES (1970), muestran que en situaciones de buen tiempo la capa de mezcla se incrementa durante el día en relación con el calentamiento superficial, llega a su máximo a horas de máxima temperatura y desaparece en las últimas horas de la tarde, cuando se forma una inversión por irradiación.

En relación con los cambios casi discontinuos de la altura de capa de mezcla y sus efectos sobre la distribución vertical de contaminación, es importante distinguir entre una capa de mezcla activa y una pasiva. Por ejemplo, mientras que la capa de mezcla a alguna hora puede ser relativamente superficial, los contaminantes al mismo tiempo se mezclan en una capa más profunda correspondiente a la capa de mezcla en horas anteriores (MCCALDIN y SHOLTES, 1970).

SCIAN y QUINTEROS (1975/76), determinaron los espesores de la capa de mezcla en la mañana y tarde, en la ciudad de Buenos Aires, para un período de 3 años. Sus resultados muestran que la altura de la capa de mezcla vespertina disminuye en invierno, mientras que la capa de mezcla matutina no presenta variaciones estacionales. Por último, los mencionados autores concluyen que la determinación de espesores muy reducidos, como los que encontraron en otoño e invierno, pueden ser empleados como un aporte para la regulación de la emisión de contaminantes peligrosos durante esos meses.

3.6 CICLO DE UNA SUSTANCIA EN LA ATMOSFERA.-

En el ciclo que cumple cualquier sustancia que es inyectada en la atmósfera, se pueden distinguir tres fases: emisión, dispersión y deposición.

A. Emisión.-

La emisión es función de las características de la fuente, su geometría, altura, como así también del tipo de efluente, su velocidad de salida y diferencia de temperatura con la del ambiente, ya que cuanto más caliente está respecto del entorno, más ascenderá por empuje hidrostático. También es función de la velocidad del viento y de la estabilidad vertical. Como se observa en una chimenea de altura (h), el penacho asciende una determinada altura (Δh) hasta que su eje medio de torna horizontal. A esta altura final se denomina altura efectiva de emisión (H). Por lo tanto:

$$H = h + \Delta h$$

El conocimiento de h es de sumo interés en los cálculos de concentración de contaminantes, de ahí que existe un gran número de fórmulas que intentan describirlo, todas ellas empíricas, y entre las más difundidas se destacan las obtenidas por BRIGGS (1969, 1971) quien distingue dos tipos básicos de penacho, uno en el que predomina el efecto de la velocidad de salida y otro en el que predomina el efecto del empuje hidrostático, para los diferentes tipos de estabilidad atmosférica.

B. Dispersión.-

La dispersión atmosférica es la suma de dos procesos: difusión + transporte. El término difusión se aplica al típico proceso mediante el cual un líquido o un gas en reposo se mezcla con la sustancia del entorno. Como la atmósfera es un medio en movimiento, tiene lugar otro proceso que contribuye a la dispersión y es el transporte.

La dispersión es función de la intensidad de la turbulencia, la estabilidad vertical, la dirección y velocidad del viento, la altura de la capa de mezcla y las características de los elementos de rugosidad de la superficie subyacente, los cuales contribuyen a intensificar la mezcla turbulenta. El comportamiento de esta etapa junto con la de emisión determina la concentración ambiente.

La evaluación de la dispersión atmosférica puede encararse desde distintos puntos de vista. Algunos son más rigurosos y otros que no lo son tanto, brindan soluciones sencillas a un problema que es realmente complejo. Estos métodos son la teoría de los coeficientes de intercambio K y la teoría estadística, las que han sido ampliamente desarrolladas por varios autores, entre los que se cita a SUTTON (1953), CRAMER (1957), PRIESTLEY et-al (1958), GIFFORD (1960) y PASQUILL (1962). Por otra parte, en la elaboración de los modelos de dispersión atmosférica, dichos autores consideran los distintos tipos de fuentes de contaminación. Estas fuentes pueden distinguirse según la escala temporal de la emisión y clasificarse en emisiones instantáneas y emisiones continuas.

C. Deposición.-

La fase deposición es función de la concentración ambiente y de la naturaleza de la superficie subyacente cuyos elementos de rugosidad actúan como trampa para partículas y gases. Dentro de esta fase es necesario considerar dos procesos que tienden a reducir la concentración ambiente. Uno de ellos es el de condensación ya que ciertas partículas actúan como núcleos higroscópicos a partir de los cuales se forman las gotas que constituyen las nubes o nieblas y al cual se le conoce como "rain-out". En el caso de producirse precipitaciones, las gotas en su caída capturan partículas o disuelven gases que son arrastrados hasta el terreno. Este último proceso se conoce como lavado o "wash-out", y es función del tipo (lluvia, nieve, etc.), frecuencia e intensidad de la precipitación.

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1 MATERIALES.-

4.1.1 Descripción del Area en Estudio.-

El área a considerar en este trabajo abarca principalmente el Valle de ILO y el Puerto de ILO. El Puerto de Ilo se encuentra ubicado en plena costa del Pacífico Oriental, a altitudes que van desde 0 hasta los 50 m.s.n.m.

El Valle de Ilo esta ubicado en una quebrada de orientación SO-NE, con altitudes que varia de 200 a 1000 m.s.n.m. con un declive de 30%. A lo largo del valle corre el rio Ilo.

En el Mapa No. 1 se puede apreciar que el valle está encajonado en su parte alta, observándose que el área de evaluación está rodeada de cerros.

En general, el lugar de estudio pertenece a la región árida siendo el valle mayormente cubierto por olivares. El relieve del terreno es muy variable, plano y ondulado en algunos niveles altos, así como también suele ser encarpado y empinado en otros, por lo que presenta una topografía accidentada con pendientes variables, a lo largo de todo el área.

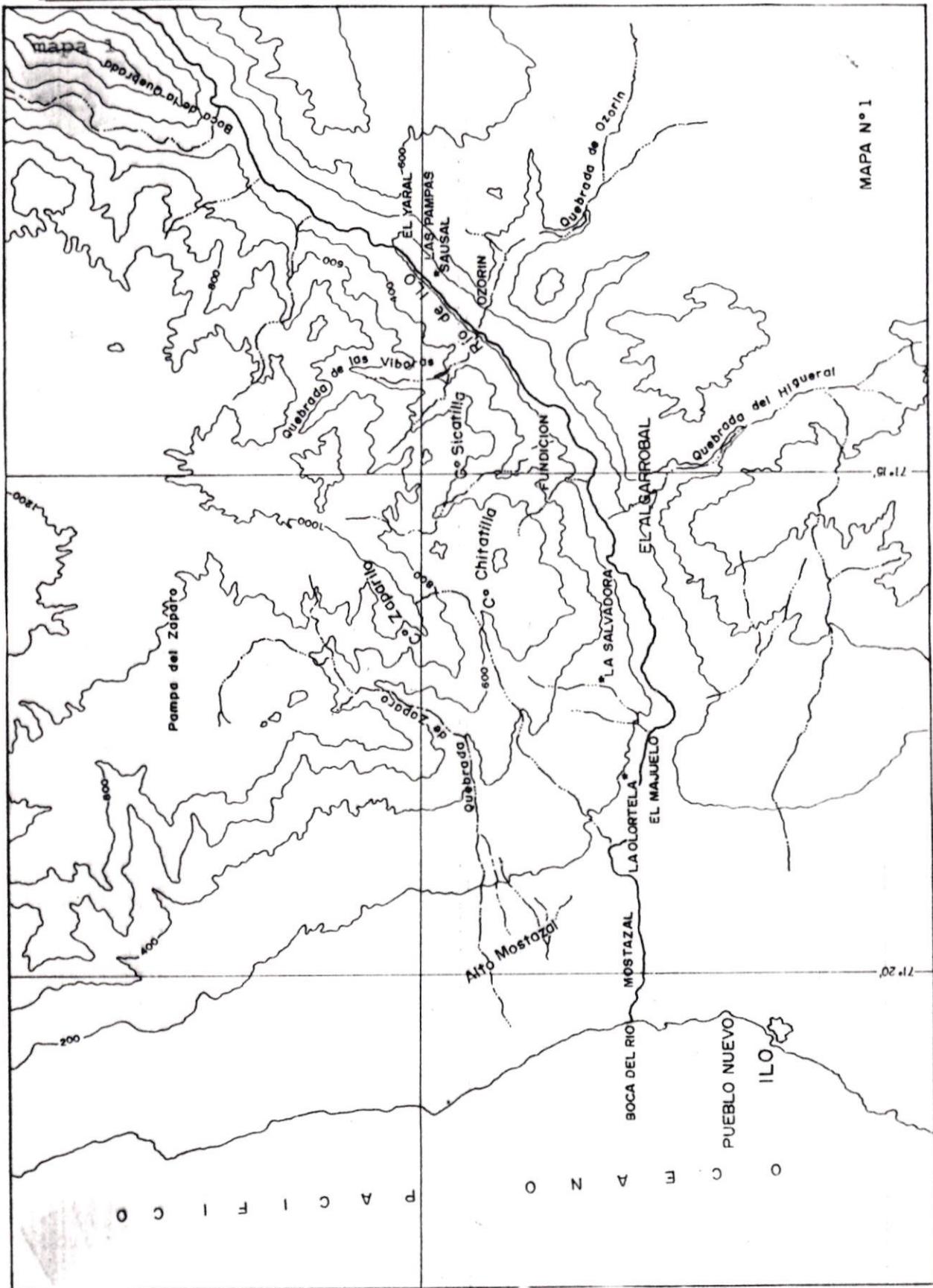
4.1.2 Materiales y Equipos.-

4.1.2.1 Red de Estaciones anemométricas.-

Para poder cumplir con los objetivos antes señalados, se hizo un estudio de la zona y se ubicaron los puntos donde deberían de colocarse los instrumentos y equipos de viento, para un mejor análisis de los datos.

A continuación El SENAMHI, en 1990, efectuó la instalación de una red de cuatro estaciones anemométricas, de propósitos específicos, distribuidos en el área de estudio, tal como se indica a continuación la ubicación de las estaciones:

Punto 1 : Parte Alta del Valle
Zona : Las Pampas
Fundo : Las Pampas del Sausal
Encargado : José Filinich Pacheco



Informe Final Inversión Térmica y Dispersión atmosférica en la Zona de Ilo.

- Punto 2 : Parte Media del Valle
Zona : La Salvadora
Fundo : La Salvadora
Encargado : Isidro Ramos
- Punto 3 : Parte Baja del Valle
Zona : La Glorieta
Fundo : La Glorieta
Encargado : Cesar Tocunaga Vasquez
- Punto 4 : Ciudad de Ilo
Zona : Urb. Garibaldi
Sito : Calle Uruguay
Encargado : Luzmila Castro Vda. de Chavez

En el mapa 1, también se puede observar la ubicación de toda la red de estaciones anemométricas, a nivel del Valle y del Puerto de Ilo.

4.1.2.2 Tipo de Instrumental Instalado en Superficie.-

Los datos de viento utilizados en las evaluaciones corresponden a los obtenidos en base a registradores ubicados en cuatro estaciones meteorológicas que conforma la red del Proyecto de ILO, las cuales empezaron a operar en Diciembre de 1990.

El instrumental instalado en cada una de las estaciones, es el siguiente:

Un Anemógrafo mecánico tipo Woelfle, instalado en troncos de 10 m para medir velocidad y dirección de viento, con un sensor de velocidad que tiene un umbral de 0.8 m/s.

4.1.2.3 Equipo e Insumos de Mediciones Aerológicas.-

Para efectuar las mediciones aerológicas se utilizó un equipo portátil de propiedad del SENAMHI, que consta de un receptor con antena de la firma Albin Sprenger y un teodolito aerológico registrador, marca Wild.

En cuanto a los insumos, se utilizaron sondas de la firma Sprenger del tipo E074 PT y E074 PTT', para mediciones continuas de temperatura, presión y temperatura húmeda. Cada una de las partes sensibles que miden la temperatura seca y húmeda contienen una perla de resistencia (termistor), que reacciona a la temperatura del aire, estando el termistor de la temperatura húmeda cubierta por un papel de filtro que se humedece antes del lanzamiento.

El termistor mide las variaciones de temperatura (con intervalos de 1 seg. para la temperatura seca, y 3 seg. para la temperatura húmeda); influyendo la frecuencia del emisor que oscila en un campo de 402 hasta 406 mHZ y envía por radio emisión los datos a la estación de superficie.

Dos cápsulas aneroides instaladas en la sonda, desplazan durante el ascenso un indicador sobre los contactos de platino los que producen una conmutación o cambio de contacto de medición de la temperatura seca a temperatura húmeda. Este proceso de cambio de contacto produce en la cinta registradora del receptor, visibles espacios vacíos (conmutación) sobre las cuales se verifica la localización de la altura en la que se encuentra la sonda, por lo que a cada cambio de contacto se le puede asociar una presión relativa al aire.

Los portadores de las sondas fueron globos de 100 grs. con una velocidad promedio de ascenso de 200 m/min. Además de los insumos mencionados, se utilizó en cada lanzamiento, un paracaídas que va unido a la sonda a través de un cordel de 5 metros de largo.

Por último, vale mencionar que se efectuaron un total de 80 lanzamientos aerológicos.

4.1.2.4 Información Meteorológica Básica.-

A. De Superficie :

a. Procedente de la Red de Estaciones Anemométricas.-

- Información horaria de dirección (°) y velocidad (m/s) del viento correspondiente al período de Diciembre 1990 - noviembre 1991.

B. De Altura.-

- Las mediciones aerológicas se efectuaron en dos campañas en el puerto de Ilo, cerca al hotel de turistas en el complejo deportivo de Pesca Perú:
- Del 04 al 13 de mayo 1991; y
 - Del 06 al 12 de Setiembre 1991.

Los lanzamientos aerológicos en cada campaña se efectuaron con una frecuencia de 2 a 3 horas, tal como se muestra en los Cuadros Nos. 1 y 2.

CUADRO No. 1.-

Cronograma de lanzamientos aerológicos efectuados en Puerto de ILO. Primera campaña Mayo 1991.

Hora	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
03.05.91						*			*		*		*		*		*		*		*		*	
04.05.91				*			*		*		*		*		*		*		*		*		*	
05.05.91		*			*		*		*		*		*		*		*		*		*		*	
06.05.91			*			*		*		*		*		*		*		*		*		*		*
07.05.91							v			v				v			v			v				

Total de Lanzamientos : 38
 * Lanzamientos realizados en el Puerto.
 v Lanzamientos realizados en el Valle.

CUADRO No. 2.-

Cronograma de lanzamientos aerológicos efectuados en Puerto de Ilo. 2da. campaña Setiembre 1991.

Hora	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
07.09.91							*			*		*		*		*		*		*		*		*
08.09.91							*		*		*		*		*		*		*		*		*	
09.09.91		*			*		*		*		*		*		*		*		*		*		*	
10.09.91	*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*	
11.09.91								v			v			v		v		v		v				

Total de Lanzamientos : 38
 * Lanzamientos realizados en el Puerto.
 v Lanzamientos realizados en el Valle.

En las Fotos Nos. 1 a 25 se muestran las acciones efectuadas en cada una de las mediciones aerológicas en la localidad del valle de ILO.

Los datos básicos registrados en cada lanzamiento, fueron los siguientes:

- a. Temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$), temperatura del bulbo húmedo ($^{\circ}\text{C}$) y presión (hpa) a diferentes niveles hasta aproximadamente los 5000 m sobre el nivel de superficie.
- b. Posición horizontal ($^{\circ}$) y azimutal ($^{\circ}$) del globo cada 1/2 minuto, con su correspondiente valor de presión y temperatura del aire, para un período máximo de 15 minutos, en los casos que se presentaron con cielo despejado.

4.2 METODOLOGIA.-

Para cubrir las necesidades de los objetivos propuestos, el desarrollo del estudio tenderá a satisfacer el conocimiento de los siguientes aspectos:

1. Flujos de aire;
2. Variación vertical de temperatura; y
3. Dispersión local.

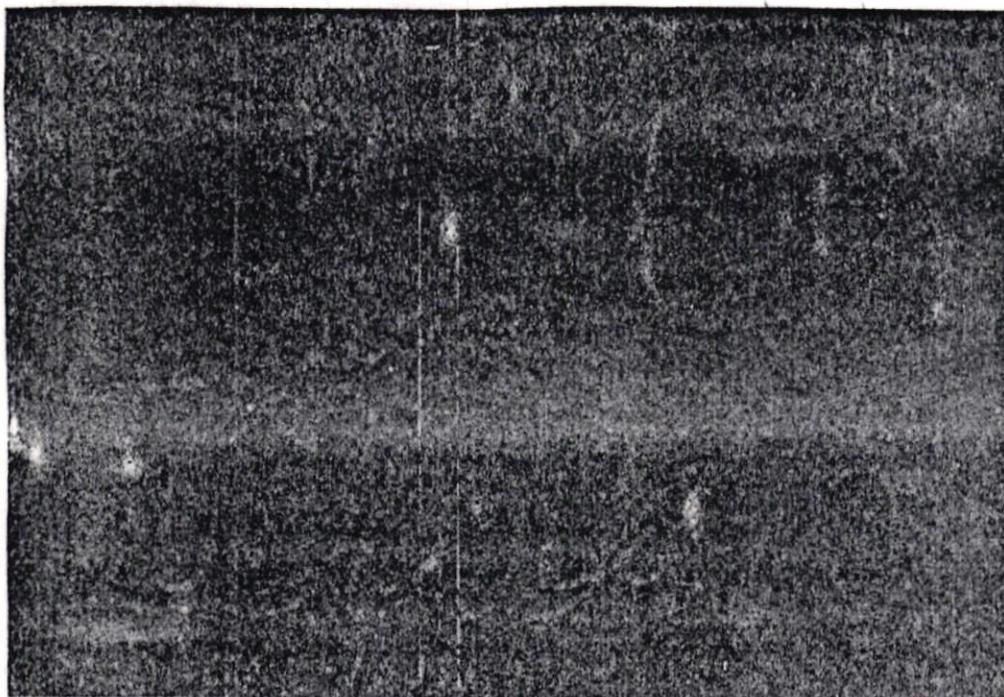
El procedimiento a seguir, abarcará el procesamiento de los datos básicos y el análisis gráfico-estadístico de los parámetros obtenidos - relacionados con cada uno de los aspectos mencionados, lo que nos permitirá finalmente llegar a la interpretación.

4.2.1.- PERIODO DE EVALUACION.-

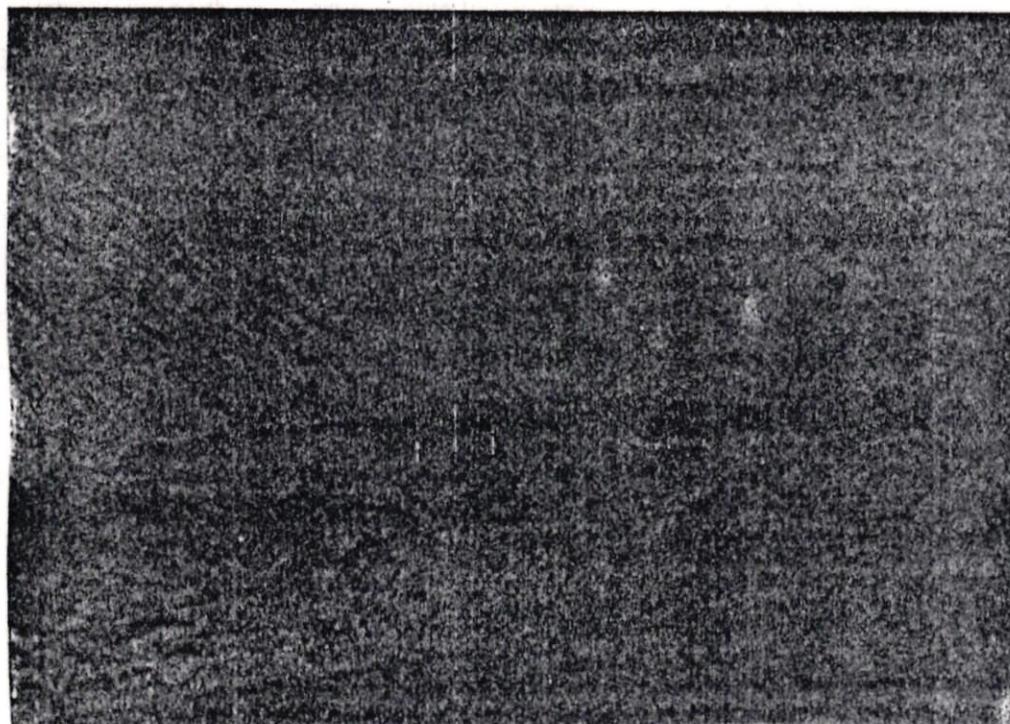
La toma de datos tuvo una duración de un año (Diciembre 1990 - noviembre/1991) y consistió de dos fases.

La Primera Fase definida por la recopilación de información de vientos de superficie provenientes de los equipos anemométricos instalados en los puntos ubicados en el mapa 1.

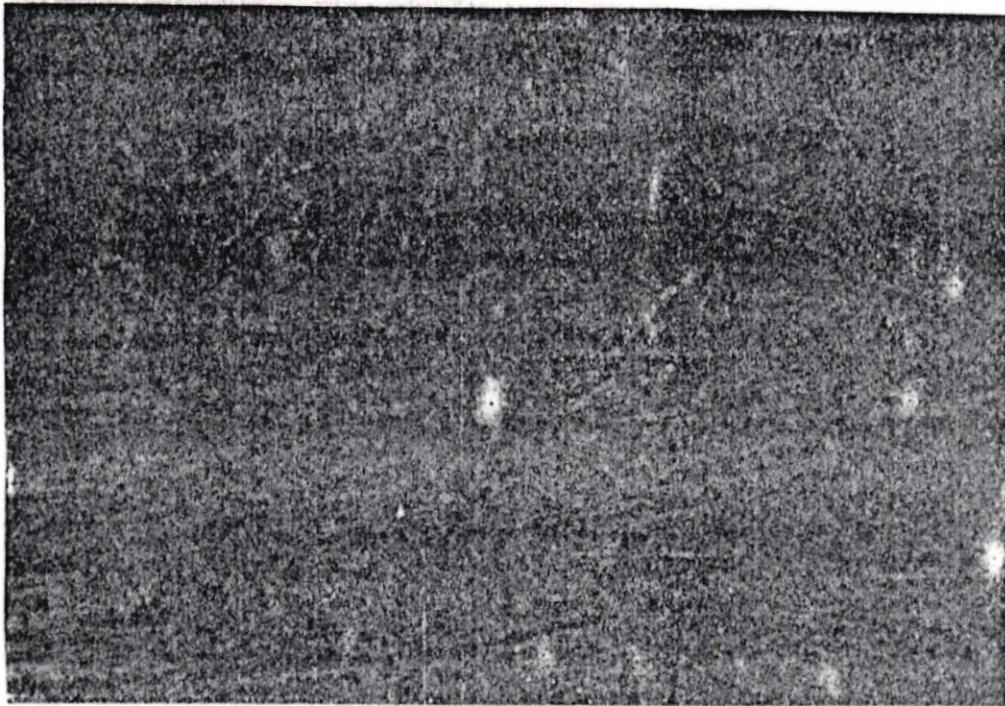
La Segunda Fase se puede dividir en dos campañas:



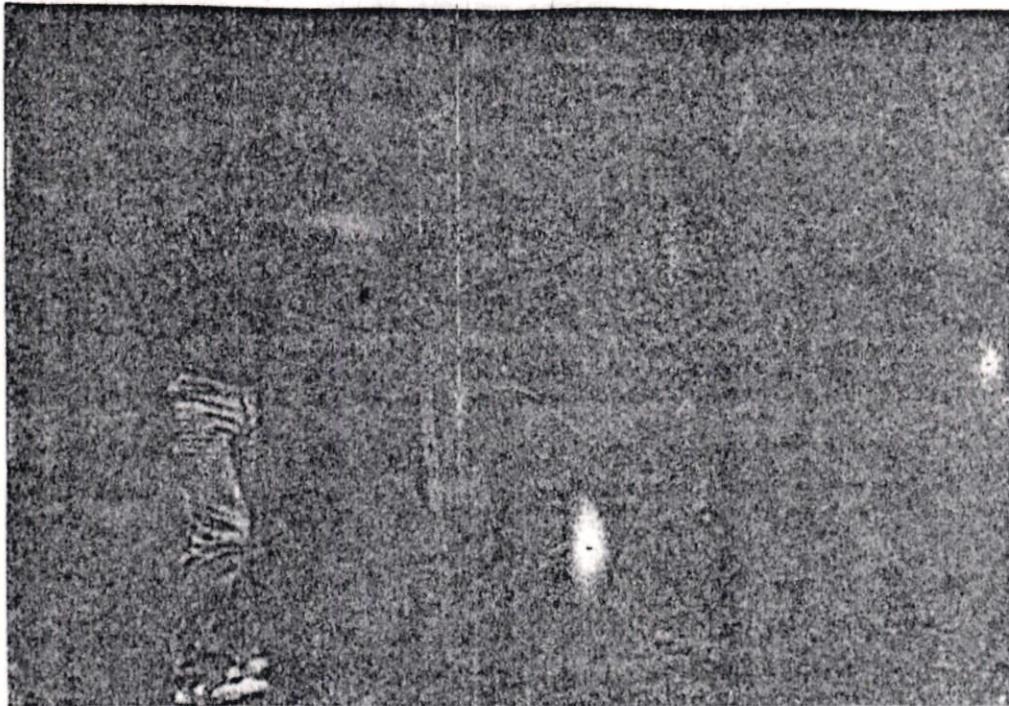
VISTA QUE CORRESPONDE A UN SECTOR DEL VALLE DE ILO ESPECIFICAMENTE EL SAUSAL Y EL YARAL.



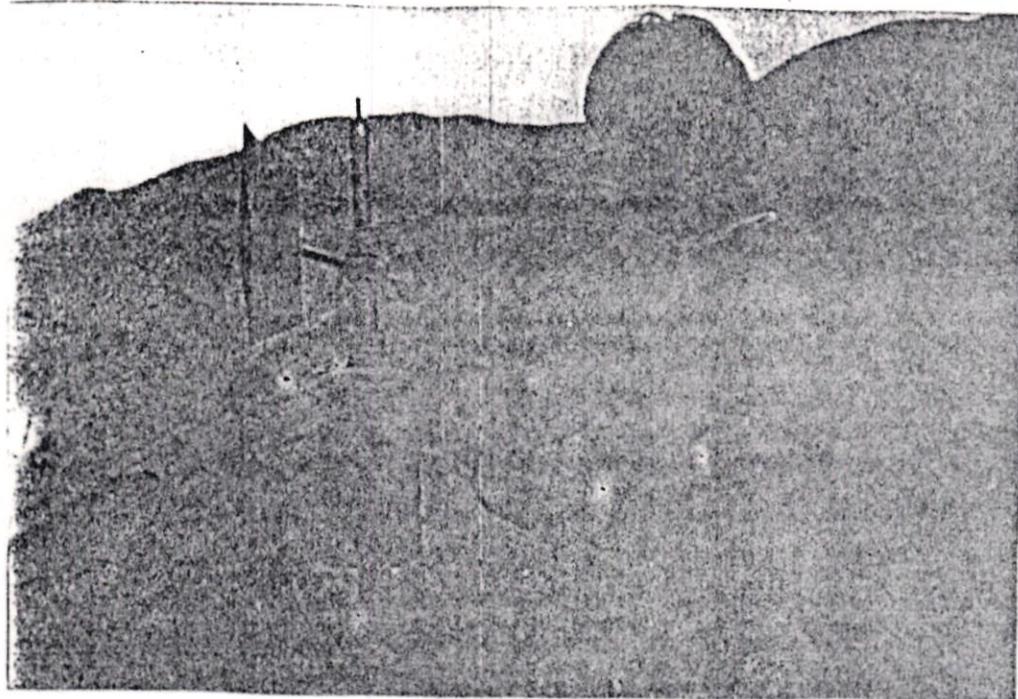
OTRA VISTA QUE CORRESPONDE A OTRO SECTOR DEL VALLE. NOTESE LA GRAN CANTIDAD DE PLANTACIONES DE OLIVO.



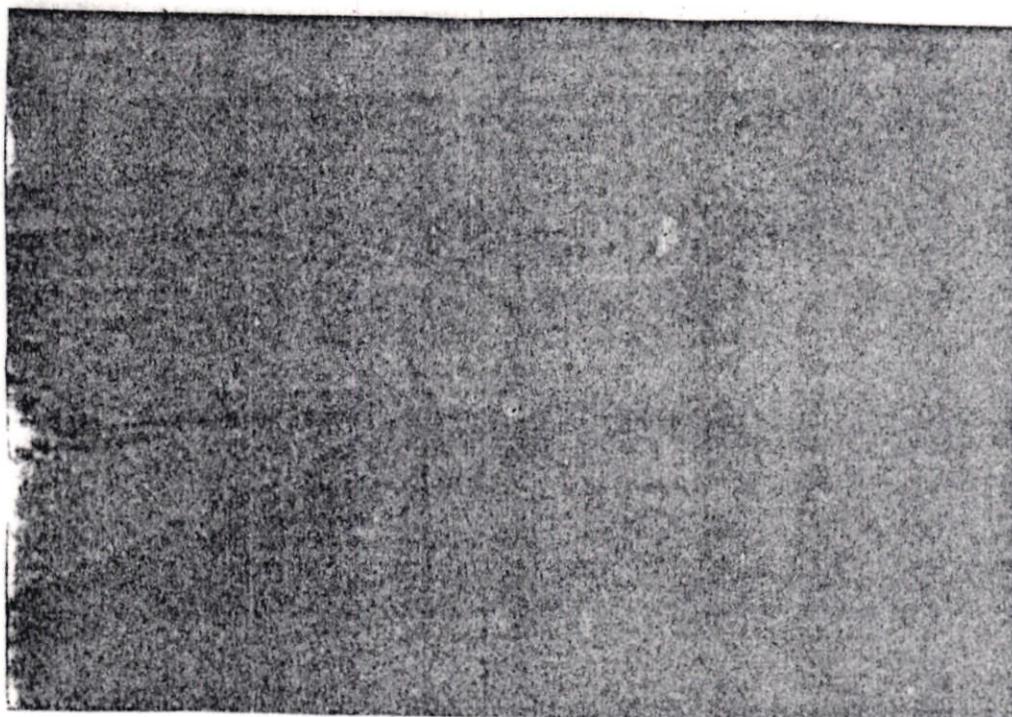
INSTANTES EN QUE SE REALIZA EL ASCENSO HACIA LA PARTE BAJA DEL VALLE PARA LA INSTALACION DE LOS EQUIPOS DE VIENTO . OBSERVESE AL FONDO LAS PLANTACIONES DE OLIVO.



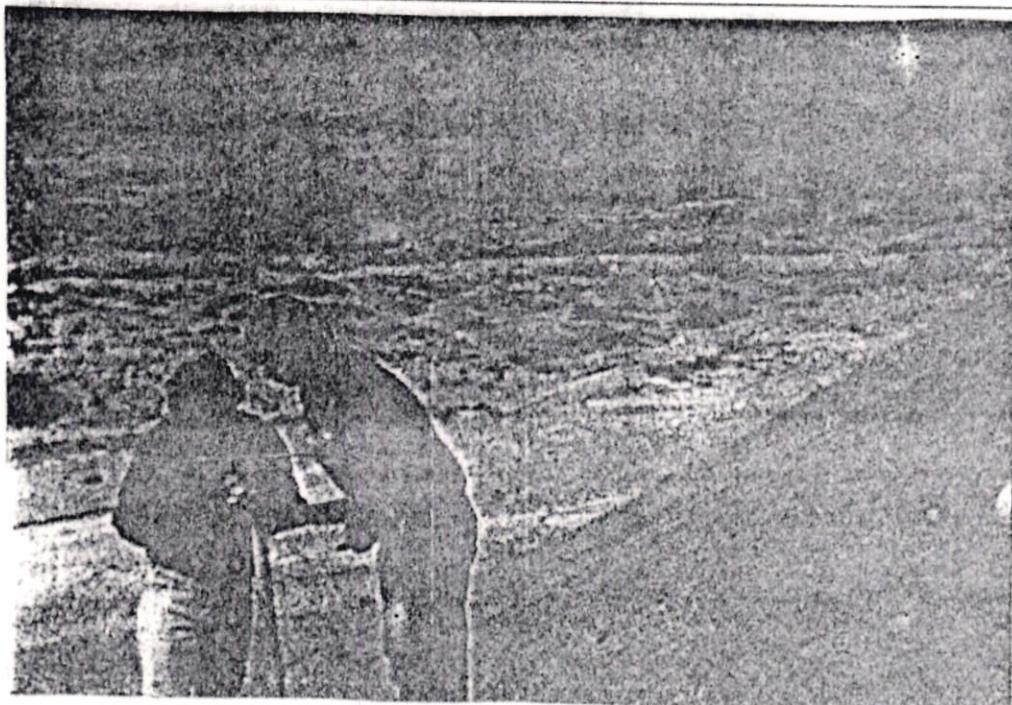
MOMENTOS EN QUE SE PROCEDE A LA INSTALACION DEL EQUIPO DE VIENTO.



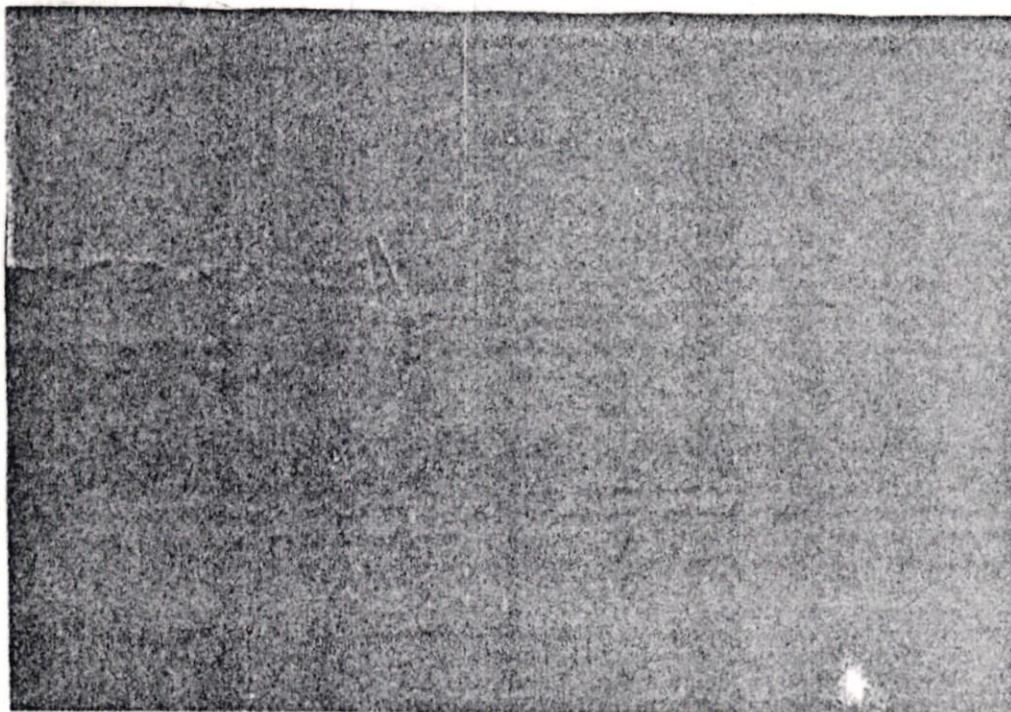
FOTOGRAFIA QUE NOS MUESTRA EL TRABAJO CASI TERMINADO SOBRE INSTALACION DE ANEMOMETROS EN LA PARTE BAJA. AL FONDO SE OBSERVA LA PARTE ALTA DEL VALLE.



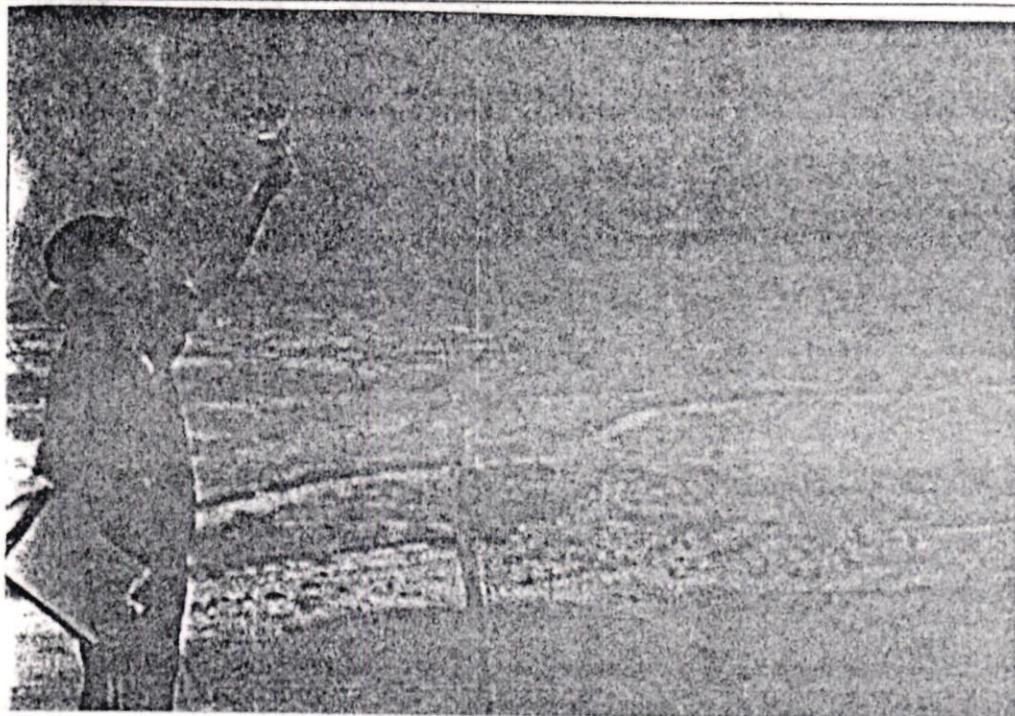
VISTA EN PRIMER PLANO SOBRE EL EQUIPO DE VIENTO. AL FONDO SE OBSERVAN LAS PLANTACIONES DE OLIVO.



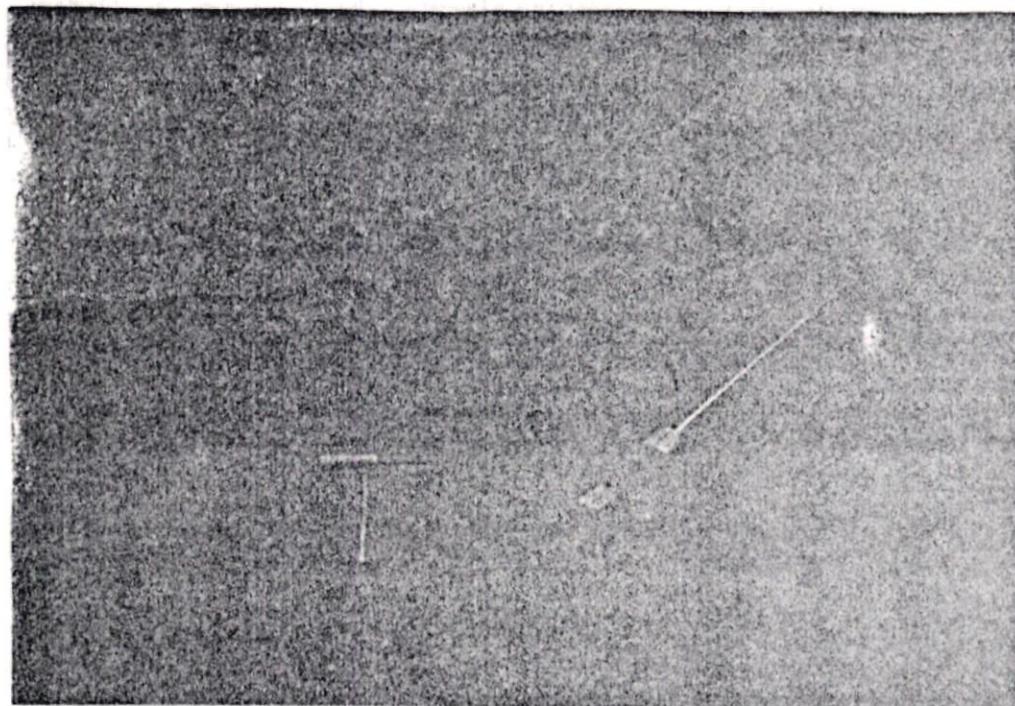
PRECISOS INSTANTES EN QUE UNA VEZ REALIZADA LA INSTALACION, SE PROCEDE A ORIENTARLO HACIA EL NORTE GEOGRAFICO Y SU RESPECTIVA CALIBRACION



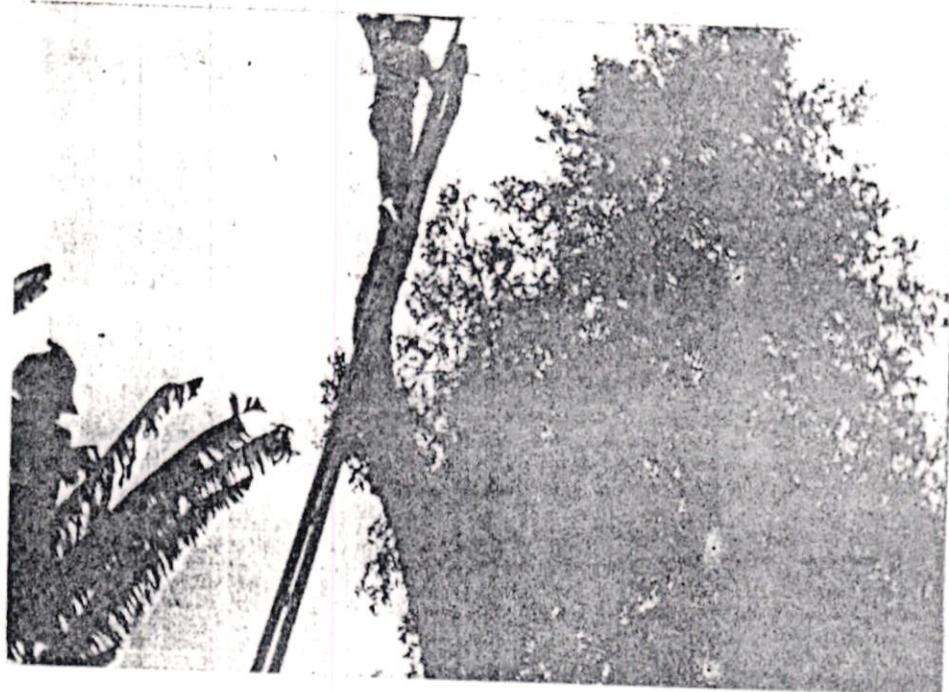
DESPUES DE LA ORIENTACION Y LA CALIBRACION SE TIENE LISTO EL EQUIPO PARA LA TOMA DE MEDICIONES.



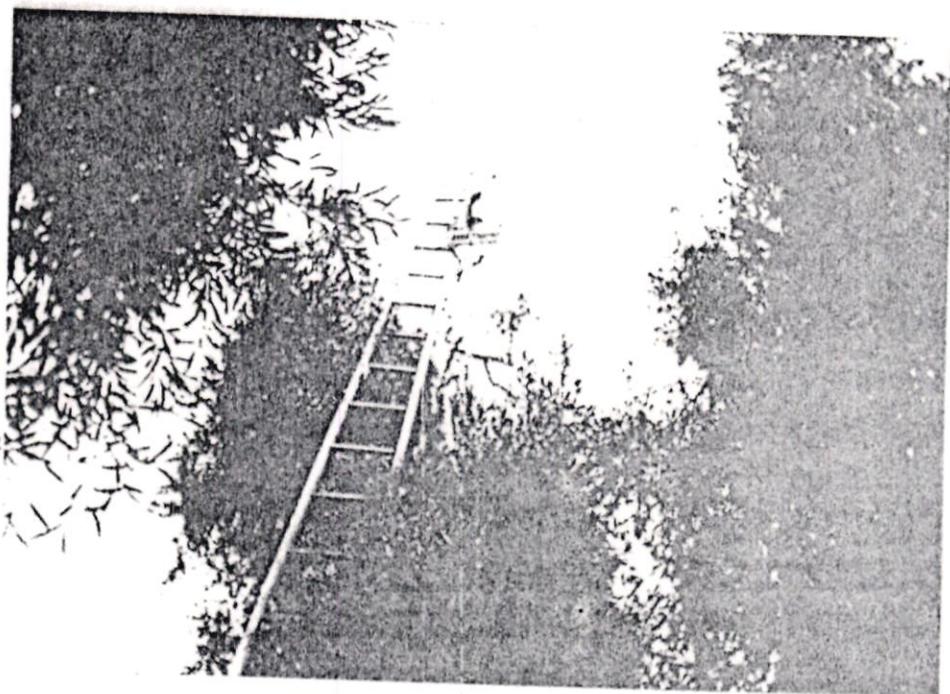
FOTOGRAFIA QUE NOS MUESTRA EL INSTANTE EN QUE SE REALIZA LA TOMA DE MEDICIONES



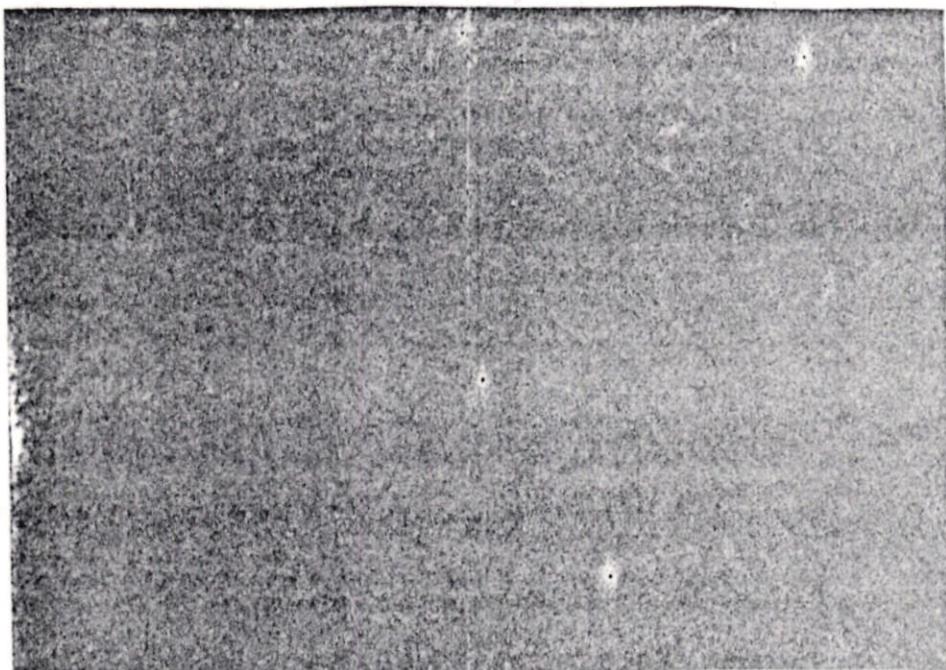
LA TRANSMISION DE LOS DATOS SE HACE VIA RADIO DE UNO DE LOS PUNTOS DONDE ESTAN UBICADOS LOS EQUIPOS DE VIENTO HACIA LA CENTRAL.



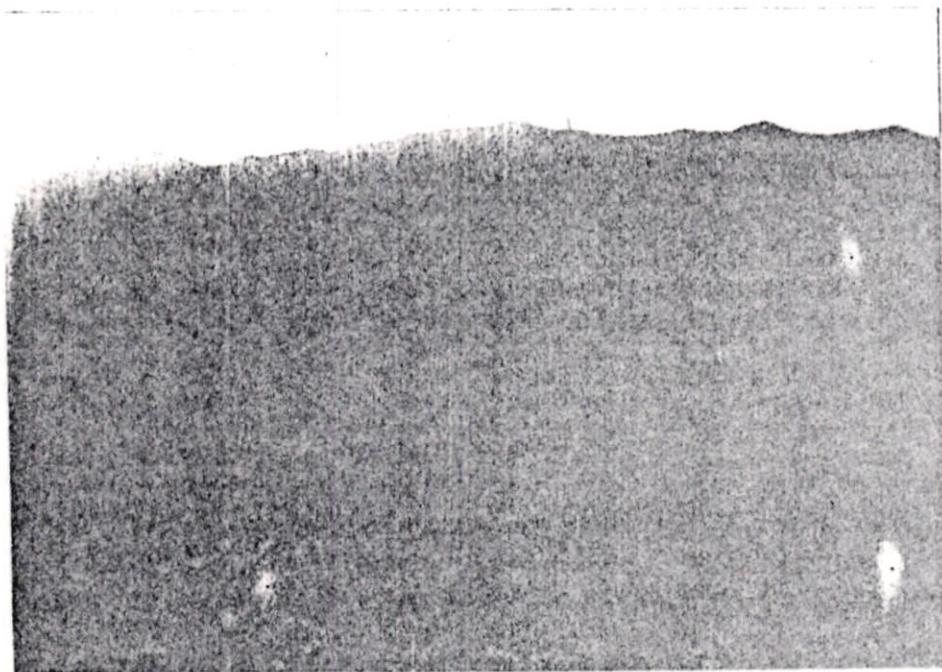
MOMENTOS EN QUE SE REALIZA LA INSTALACION DE LOS EQUIPOS REGISTRADORES DE INTENSIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO. EL MASTIL QUE SIRVE DE SOPORTE DE UN OLIVO.



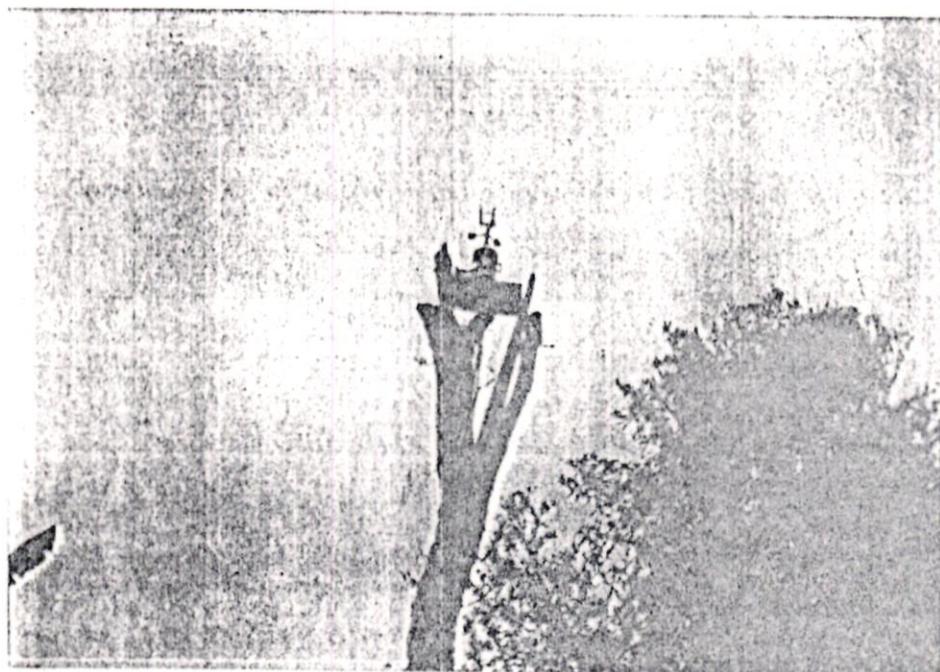
VISTA QUE CORRESPONDE AL EQUIPO REGISTRADOR INSTALADO EN LA PARTE ALTA DEL VALLE. LA CUAL SU SEGURIDAD ESTUVO A CARGO DEL SR. JOSE FILINICH.



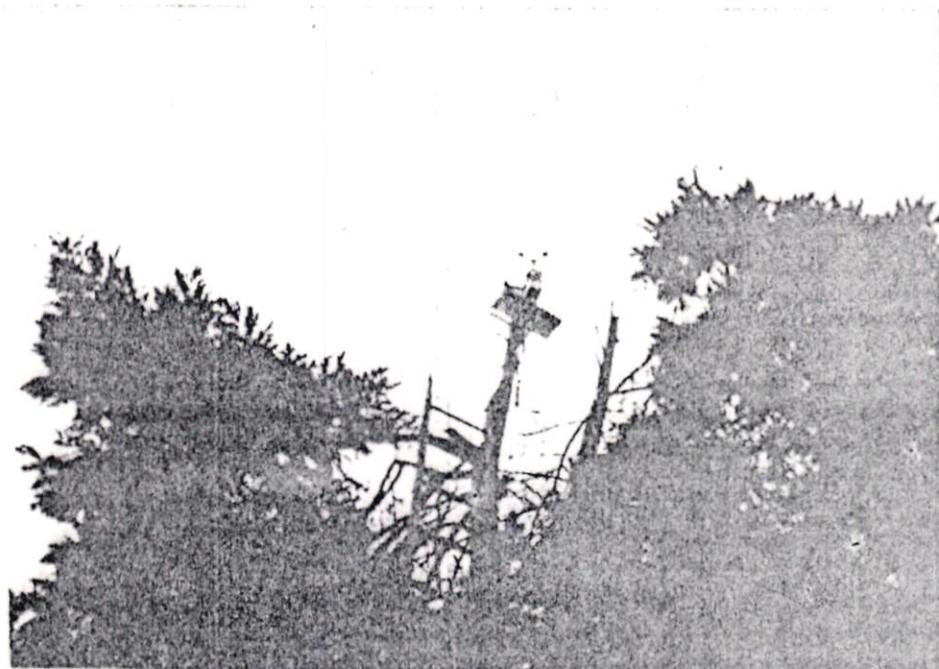
VISTA QUE CORRESPONDE A UNA DE LAS ESTACIONES ANEMOMETRICAS
(PARTE POSTERIOR IZQUIERDA DE LA FOTO)



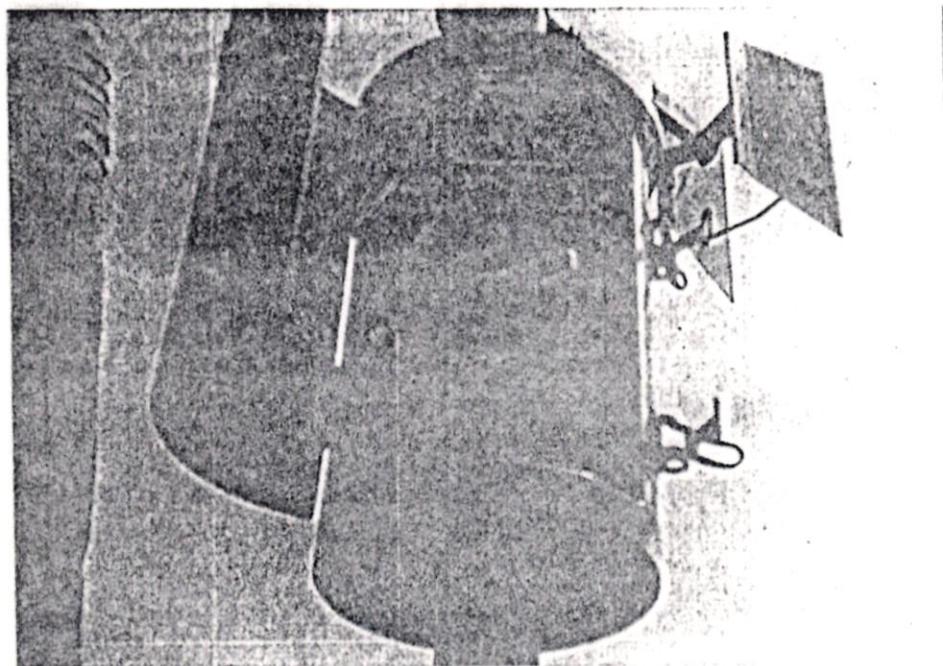
EN PRIMER PLANO SE OBSERVA LA ZONA DE ESTUDIO DONDE SE EFECTUAFON
LAS MEDICIONES DE VIENTO (PARTE BAJA, MEDIA Y ALTA DEL VALLE DE
ILO)



VISTA PANORAMICA QUE CORRESPONDE AL EQUIPO INSTALADO EN LA PARTE MEDIA DEL VALLE. NOTESE QUE PARA SU INSTALACION SE TUVO QUE PODAR LAS RAMAS SUPERIORES DEL ARBOL. LA SEGURIDAD DEL EQUIPO ESTUVO A CARGO DEL SR. ISIDRO RAMOS.



SE OBSERVA OTRO DE LOS EQUIPOS INSTALADOS EN LA PARTE BAJA DEL VALLE. SU SEGURIDAD ESTUVO A CARGO DEL SR. CESAR TOCUNAGA.



EN PRIMER PLANO SE OBSERVA AL EQUIPO REGISTRADOR DE VIENTO CON SU RESPECTIVA BOBINA.



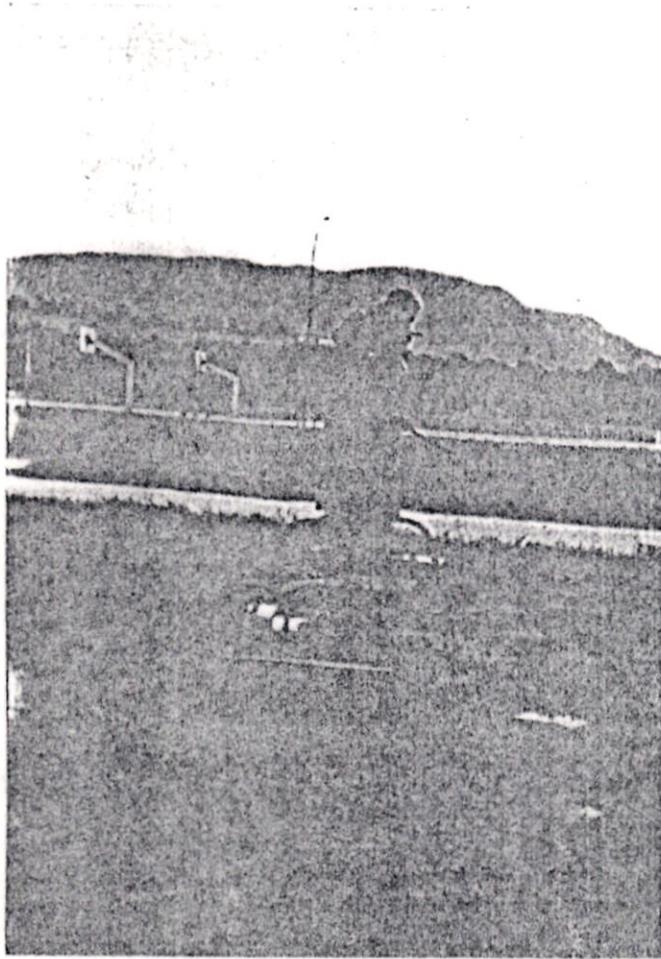
OTRA TOMA PERO VISTA MAS CERCA, QUE CORRESPONDE A LA PARTE ALTA DEL VALLE.



SE OBSERVA LA PREPARACION DEL HIDROGENO. OBSERVESE ALGUNOS MATERIALES QUE SE UTILIZAN PARA TAL EFECTO. ASI COMO LA UBICACION DEL BALON.

PRECISOS INSTANTES EN QUE SE PROCEDE ABRIR UNO DE LOS BALONES PARA LA PREPARACION DEL HIDROGENO.

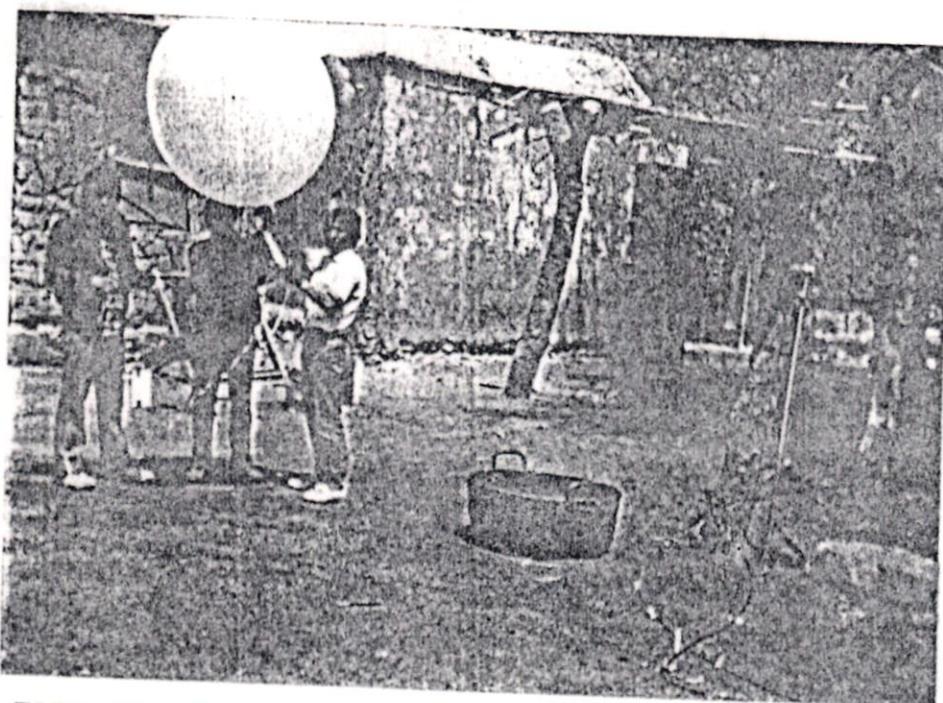




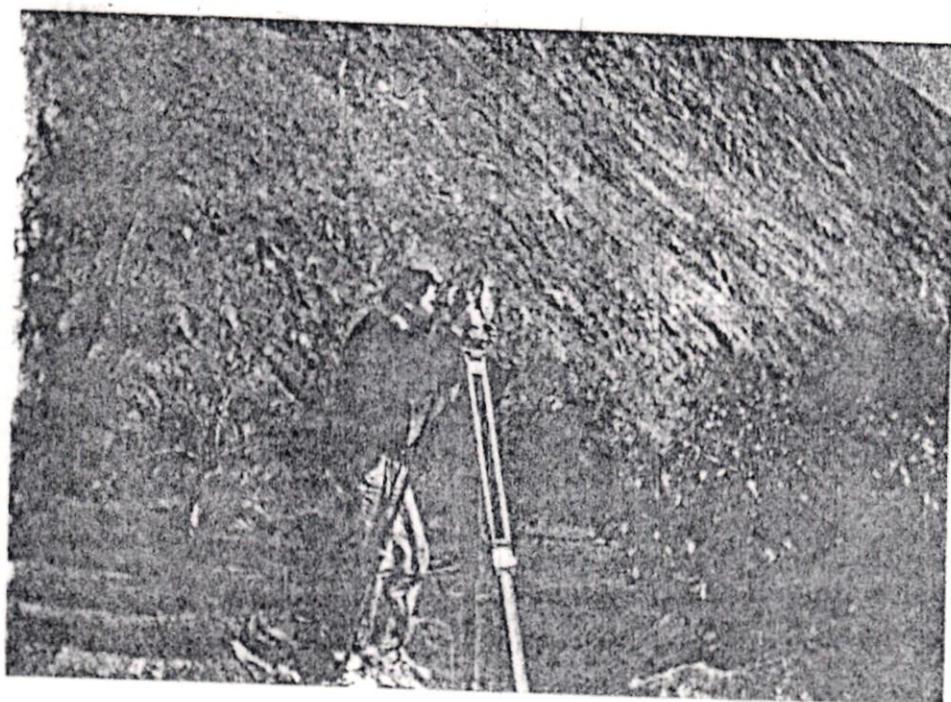
VISTA QUE
CORRESPONDE AL
LAVADO DEL BALON.
NOTESE EL
MANOMETRO EN LA
PARTE SUPERIOR DEL
MISMO ASI COMO
TAMBIEN EL LUGAR
DONDE SE
EFECTUABAN LOS
LANZAMIENTOS

EN PRIMER PLANO SE NOTA
EL MOMENTO EN QUE SE INFLA
EL GLOBO CON EL GAS HIDROGENO

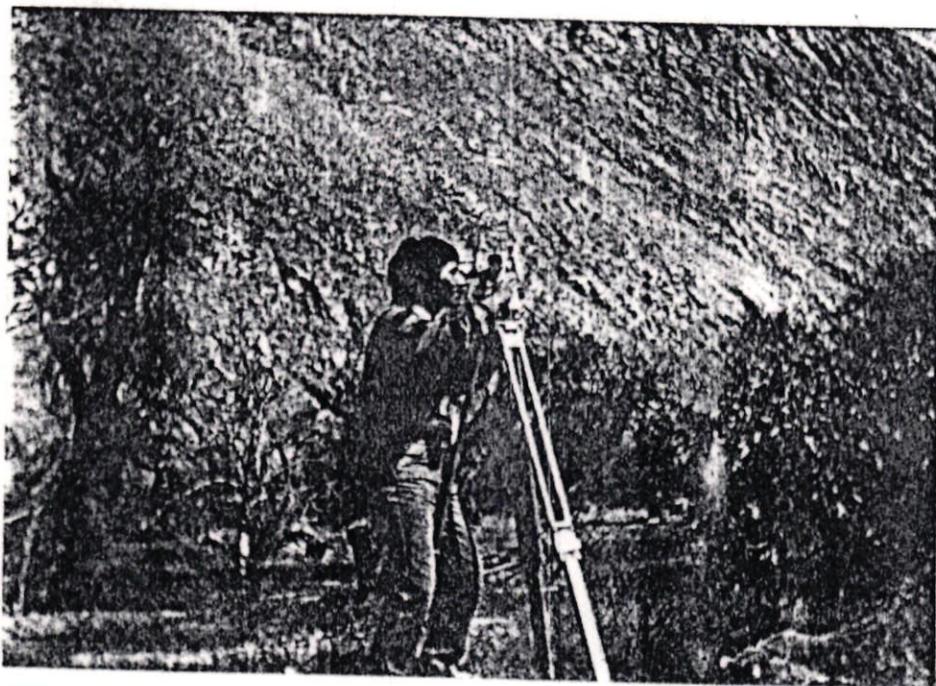




EN LA FOTO SE APRECIA UNO DE LOS GLOBOS A SER LANZADOS EN EL VALLE . OBSERSE EL PAPEL DE COLOR ROJO PARA UNA MEJOR VISUALIZACION DEL MISMO A UNA MAYOR ALTURA.

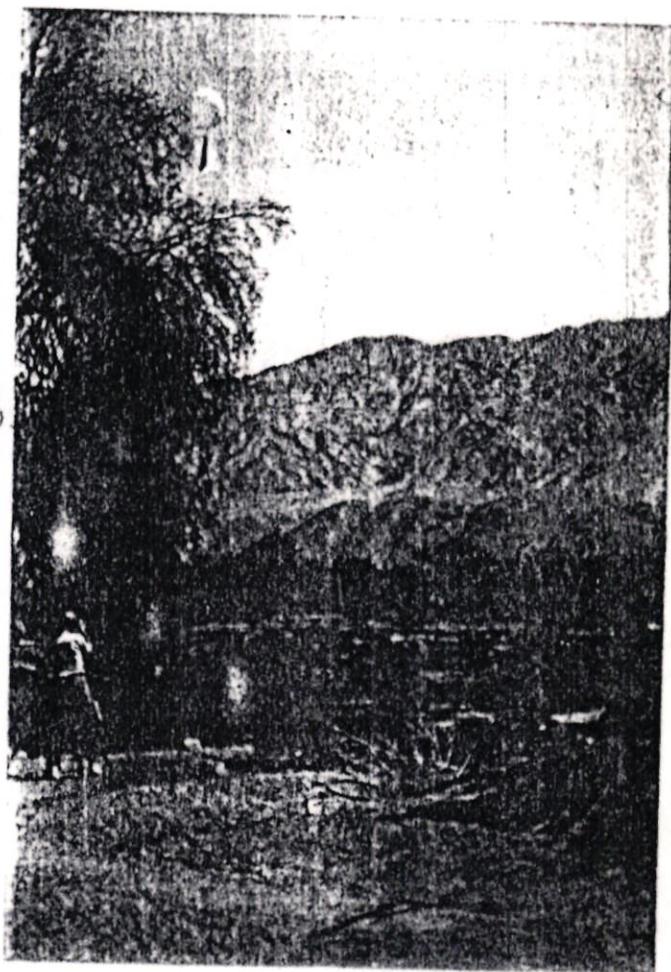


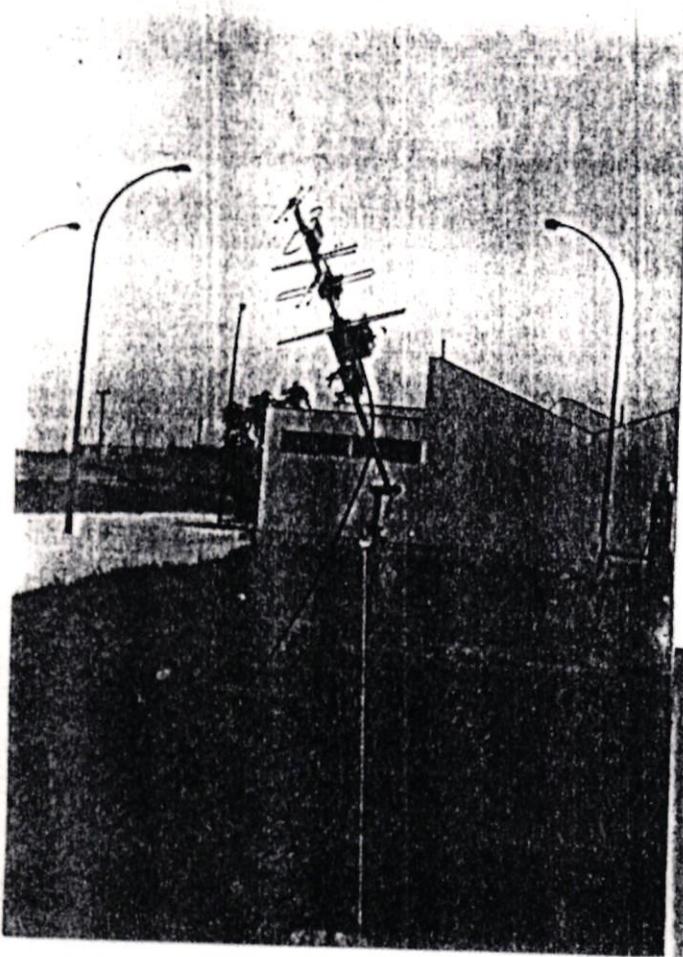
EN LA VISTA SE NOTA EL USO DE UN TEODOLITO AEROLOGICO PARA EL SEGUIMIENTO DEL GLOBO. ESTO CON FINES DE CALCULAR LA VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO EN LOS PRIMEROS NIVELES DE LA ATMOSFERA.



OTRA VISTA QUE CORRESPONDE AL SEGUIMIENTO DEL GLOBO CON SU RESPECTIVA SONDA. NOTAR CUAN IMPORTANTE ES EL USO DEL TEODOLITO PARA ESTOS TRABAJOS.

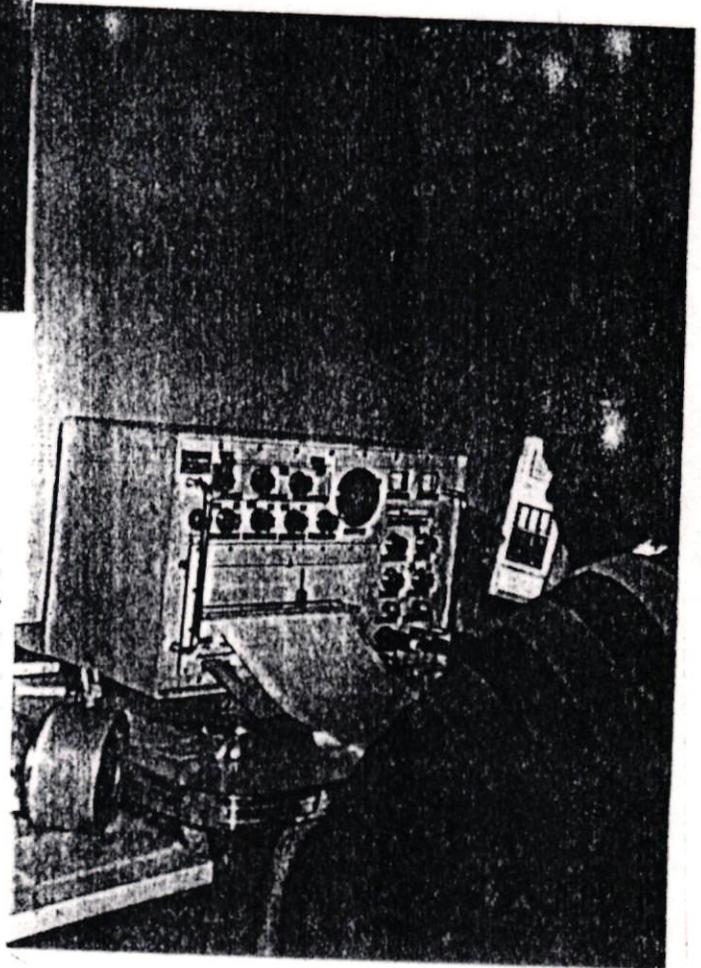
PRECISOS MOMENTOS EN QUE EL GLOBO CON EL PAPEL ROJO EN EL AIRE ES SEGUIDO POR EL TEODOLITO. AL FONDO SE OBSERVA EL VALLE. LA OTRA ZONA DE ESTUDIO





FOTOGRAFIA QUE
CORRSPONDE A LA ANTENA
DEL EQUIPO DE
RADIOSONDEO. POR MEDIO
DE ESTA SE RECEPCIONAN
LAS SEÑALES DE LA
SONDA Y SE TRANSIERE
AL EQUIPO DE RADIO.

VISTA DONDE SE MUESTRA
EL EQUIPO QUE RECEPCIONA
LAS SEÑALES Y LAS REGISTRA
EN LA BANDA. EL USO DE RADIOS
PORTATILES COMO EL DE LA FOTO
ES IMPORTANTE PARA LA COMUNI-
CACION CON LOS DEMAS PUNTOS
DONDE SE UBICARON LOS TEODOLITOS.



Primera Campaña.-

Realizado en el año 1991 en la época de verano. En éste periodo se hizo el estudio de viento a lo largo del Río Ilo, con mayor incidencia entre el lugar denominado El Yaral hasta el lugar denominado la Boca de la Quebrada. Una primera toma de información se hizo en la cota de 300 m. de altitud (se colocaron 12 estaciones de viento). A ésta cota se le denominó la Parte Baja del Valle.

La segunda toma de datos se hizo en la cota de 600 m. de altitud, donde se instalaron 9 estaciones de viento. A ésta parte del Valle se le denominó la Parte Media.

Para terminar con la primera campaña se efectuaron lanzamientos aerológicos instalando un equipo de radiosondeo para la toma de información de las condiciones meteorológicas en altura, obteniéndose datos de temperatura del aire, temperatura del punto de rocío, presión, altura en metros geopotenciales a diferentes niveles así como la intensidad, espesor, alturas de la base y el tope de la capa de inversión térmica. Por otro lado, en superficie se hizo la toma de datos de dirección y velocidad del viento.

Segunda Campaña.-

Realizado en el mismo año, pero en la época de invierno. El mecanismo de trabajo fue similar al de la primera campaña.

4.2.2 Procesamiento de los Datos.-

Los datos de superficie son obtenidos de las bandas del anemógrafo a nivel horario y durante el periodo 1990-1991 para el análisis respectivo, aunque lo recomendable es tener una información representativa en el tiempo y en el espacio, para un periodo mayor de tres años y saber a ciencia cierta sobre la climatología del lugar.

Por otro lado la información de los parámetros meteorológicos en altura obtenidas de este trabajo es significativa, aunque lo recomendable como se expuso anteriormente es tener una mayor cantidad de información a través de varios años.

La información obtenida de las bandas y planillas requiere de un procesamiento y análisis para la cual se siguen los siguientes pasos:

- 1ro.- Un período de digitación de la información haciendo uso de softwares que nos permitan almacenar

información meteorológica tanto de superficie como de altura y su análisis.

- 2do.- Un período de procesamiento de la información que consiste en la obtención de tablas, cuadros, gráficos, etc que nos permitan analizar, discutir y concluir algunas hipótesis planteadas.
- 3ro.- Un período de obtención de resultados, en el cual se debe de tener mucho cuidado para la interpretación de los cuadros, gráficos, etc. realizados.

Toda la información utilizada para la metodología empleada es proveniente tanto de superficie (bandas del anemógrafo) así como de altura, lanzamiento de radiosondas a nivel diario.

Los datos básicos de altura, registrados en bandas, son leídos y tabulados en planillas almacenándose en un archivo, luego es digitado, confeccionándose los programas en el lenguaje fortran 5 y usando los paquetes QPRO y Lotus.

Los datos de viento de superficie registrados en bobinas son leídos y tabulados en planillas, posteriormente se digitó dicha información usando la computadora PC programable almacenándose en diskets en forma horaria. Como es de imaginar por el gran número de información generada, se utilizó un sistema de procesamiento automatizado, utilizando una minicomputadora confeccionándose los respectivos programas en lenguaje Fortran 5.

4.2.2.1 Análisis de Flujos de Aire.-

a) Selección de Sectores de la Rosa de Viento.-

Los datos horarios de dirección de viento procedentes de las estaciones anemométricas, se agruparán en 16 sectores de 23° para los ocho sectores principales, y de 22° para los ocho secundarios, asignándole una designación alfabética a cada uno de ellos, según las normas dictadas por la OMM. Se distinguirá, además, los casos de calma y de viento variable cuando no se pueda definir una dirección. La nomenclatura asignada y sus correspondientes rangos de dirección por sector, se muestran en el Cuadro No. 3.

En cuanto a los datos de dirección del viento tomadas en las campañas a lo largo del valle; éstos se tabularon en forma alfabética para las ocho direcciones principales en la Rosa de Vientos (Sectores de 45°), incluyéndose además los casos de calma y viento variable. La nomenclatura

asignada y el sector correspondiente en grados, se muestra en el Cuadro No. 4.

CUADRO No. 3.-

Rosa de viento en 16 sectores.

No.	Nomenclatura	Sectores en Grados		
1	N (Norte)	349°	a	11°
2	NNE (Nor-Nor-Este)	12°	a	33°
3	NE (Nor-Este)	34°	a	56°
4	ENE (Este-Nor-Este)	57°	a	78°
5	E (Este)	79°	a	101°
6	ESE (Este-Sur-Este)	102°	a	123°
7	SE (Sur-Este)	124°	a	146°
8	SSE (Sur-Sur-Este)	147°	a	168°
9	S (Sur)	169°	a	191°
10	SSO (Sur-Sur-Oeste)	192°	a	213°
11	SO (Sur-Oeste)	214°	a	236°
12	OSO (Oeste-Sur-Oeste)	237°	a	258°
13	O (Oeste)	259°	a	281°
14	ONO (Oeste-Nor-Oeste)	282°	a	303°
15	NO (Nor-Oeste)	304°	a	326°
16	NNO (Nor-Nor-Oeste)	327°	a	348°
18	Calma			
19	Viento Variable			

CUADRO No. 4.-

Rosa de viento en 8 sectores.

N°.	Sector	No.	Sector
1	N - 338° a 220°	2	NE - 23° a 68°
3	E - 68° a 112°	4	SE - 113° a 158°
5	S - 158° a 202°	6	SO - 203° a 247°
7	O - 248° a 292°	8	NO - 294° a 337°
9	Calma	9	Calma
10	Variable	10	Variable

4.2.3.- INFORMACION CLIMATOLOGICA BASICA.-

La información necesaria para cumplir los objetivos son variables meteorológicas tales como: dirección y velocidad de viento a nivel de superficie como a nivel de alta atmósfera, así como también temperatura del aire, temperatura de rocío, niveles de presión con su respectiva altura en metros.

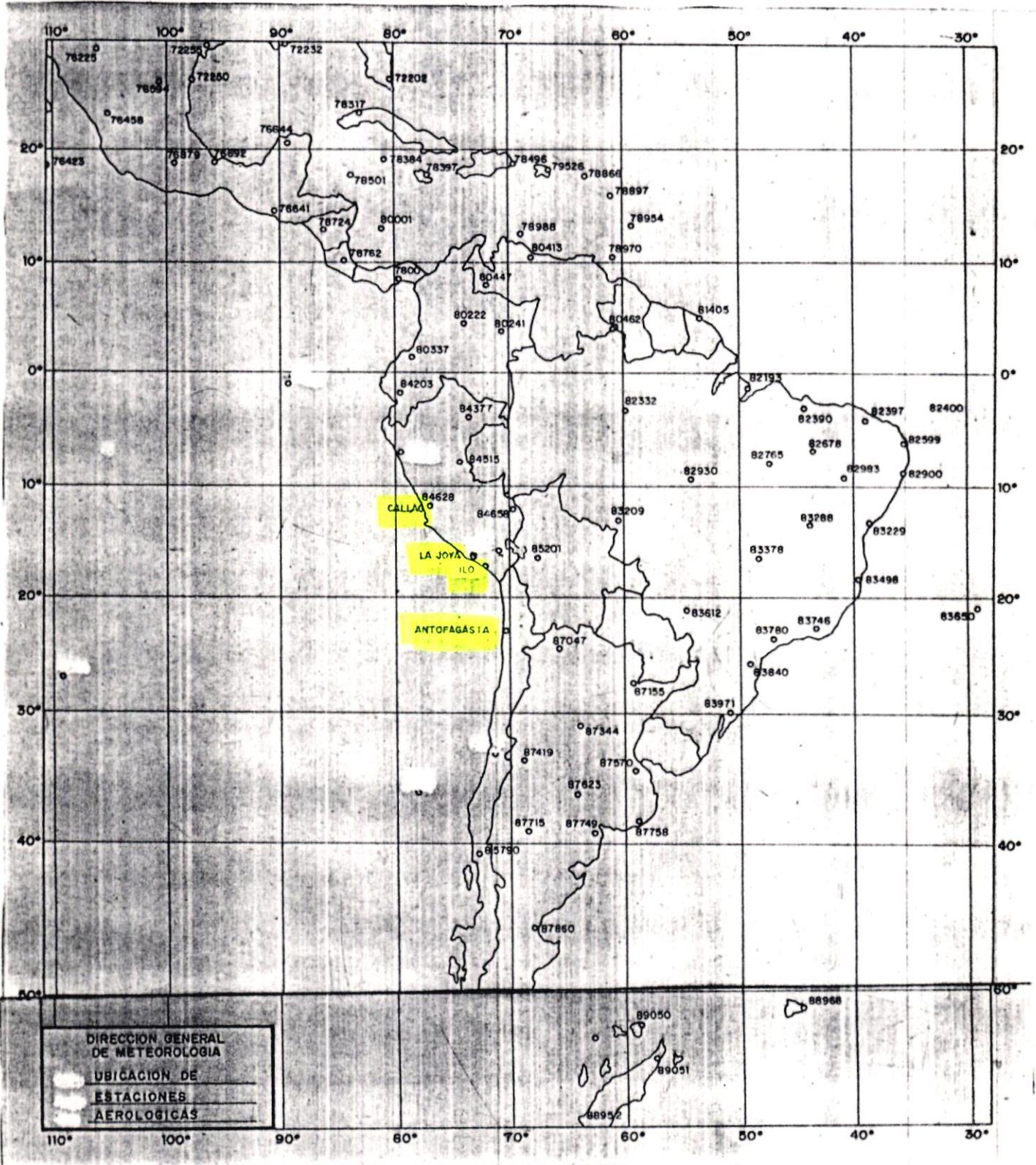
Por otro lado la información de los parámetros meteorológicos en altura nos va a determinar, la altura, el espesor y la intensidad de la Capa de Inversión Térmica, así como algunos procesos termodinámicos que directa o indirectamente pueden ayudar o no a la difusión de los humos provenientes de las chimeneas de la Southern Perú Copper Corporation.

Para cumplir también con los objetivos del proyecto se tomarán en cuenta además las estaciones de: Antofagasta (Chile), La Joya (Arequipa) (ver mapa 2).

La información necesaria para cumplir los objetivos son variables meteorológicas, tales como temperatura del aire, temperatura de rocío, niveles de presión con su altura en metros correspondiente a dirección y velocidad de viento, y todos estos parámetros en la vertical de la atmósfera.

Esta información es necesaria al menos una vez al día con la finalidad de encontrar una distribución representativa de los parámetros a analizar tanto en el espacio como en el tiempo para poder concluir adecuadamente. También es necesario considerar la topografía del lugar de estudio, para lo cual la información deberá provenir de zonas ubicadas a diferentes altitudes y de zonas ubicadas a la misma altura.

MAPA 2



V.- RESULTADOS.-

5.1.- CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL AREA EN ESTUDIO.

El Puerto y Valle de Ilo presentan una temperatura promedio de 17 a 19 °C ; registrándose la temperatura máxima alrededor del mediodía entre las 13 y 14 horas con valores de 24 a 26°C y la mínima alrededor de las 03 y 06 horas con valores de 15 a 17 °C.

La ocurrencia de precipitaciones es casi nula, cuyos totales anuales no llegan a los 5mm.

Según la clasificación climática de Koppen esta zona está clasificada como Bw es decir posee un clima de desierto sin lluvias.

Los vientos predominantes en el puerto de Ilo son del SE.

5.2.- ANALISIS DE LOS PERFILES DE VIENTO EN SUPERFICIE.-

5.2.1 PRIMERA CAMPAÑA.-

En el cuadro N° 5, se registran los datos promedios horarios de velocidad y dirección de viento en el periodo del 11 - 23 marzo .

Se observa que la intensidad de viento aumenta a medida que transcurre el tiempo, presentando su máxima intensidad entre las 12:00 y 14:00 horas, la dirección predominante es del Sur Oeste (SW), tanto para la parte baja, como para la parte media.

CUADRO N° 5

H O R A S	P A R T E A L T A		P A R T E M E D I A	
	VELOCIDAD (m/s)	DIRECCION	VELOCIDAD (m/s)	DIRECCION
07	1.0	S	2.2	SE
08	2.8	SO	3.4	S
09	4.1	SO	3.8	S
10	5.5	SO	5.6	SO
11	5.5	SO	7.7	SO
12	8.4	SO	9.2	SO
13	8.3	SO	10.5	SO
14	6.8	SO	9.9	SO
15	6.7	SO	8.6	SO
16	6.8	SO	7.2	SO
17	5.6	SO	5.7	SO
18	4.4	SO	4.5	SO

En las primeras horas de la mañana y últimas de la tarde la intensidad de viento es menor, llegando en algunas horas a registrar calma (en algunos casos).

Con respecto a la figura N° 1 de Rosa de Viento (periodo del 11 - 17 de marzo 1991), se puede decir que se observó una velocidad de viento promedio de 6 m/s. provenientes del Oeste (W), en menor intensidad vientos del Sur Oeste (SW) con una velocidad de 5.8 m/s., del Sur con 5.6 m/s. y por último del Sur Este con 2.6 m/s.

Por otro lado tenemos que la mayor predominancia en dirección es del Sur Oeste con una frecuencia del 75 % de ocurrencia, en menor orden le siguen la del Sur con una frecuencia del 16 %, la del Oeste con 10 % y por último la del Sur Este con 5 % de ocurrencia.

En la figura N° 2 se observa (periodo del 18 - 24 marzo 1991) se observa un viento promedio de 6.9 m/s. provenientes del Sur Oeste, le siguen en orden descendente, la del Sur con 6.7 m/s., del Sur Este con 4.1 m/s y por último del Oeste con 2.2

m/s.

Con respecto a la predominancia en dirección se tiene que la mayor es del Sur Oeste con un valor del 50 % de ocurrencia, le siguen en menor orden, la del Sur Este con 11 %, del Oeste con 1.5 % y por último se presenta un periodo de calmas con una frecuencia del 3 % de ocurrencia.

5.2.2.- SEGUNDA CAMPAÑA .-

En el cuadro N° 6, se registran los datos de velocidad de viento promedio, para la última quincena de agosto, tanto para la Parte Baja como para la Parte Media durante el día, entre las 07:00 y las 18:00 horas.

CUADRO N° 6

H O R A S	P A R T E B A J A		P A R T E M E D I A	
	VELOCIDAD (m/s)	DIRECCION	VELOCIDAD (m/s)	DIRECCION
07	C A L M A		1.2	NE
08	C A L M A		1.2	SE
09	3.2	SO	3.2	S
10	5.8	SO	4.5	SO
11	8.7	SO	8.0	SO
12	10.1	SO	10.3	SO
13	10.6	SO	10.2	SO
14	10.4	SO	10.1	SO
15	9.4	SO	9.2	SO
16	7.9	SO	7.6	SO
17	6.0	SO	6.2	SO
18	4.5	SO	4.5	SO

Tanto en la Parte Baja como en la Parte Media se nota un incremento de la velocidad del viento desde las primeras horas de la mañana, presentando su máxima intensidad entre las 12:00 y 14:00 horas. En horas avanzadas de la tarde la tendencia del viento es de disminución.

Con respecto a los gráficos de rosas de viento podemos decir lo siguiente:

En la figura N° 3, observamos que la mayor velocidad promedio del viento proviene del Sur Oeste con una intensidad de 7.9 m/s. le siguen en menor orden la del Sur con 7.8 m/s., la del Sur Sur Oeste con 7.7 m/s., del Oeste Sur Oeste con 7.5 m/s., del Oeste con 3.5 m/s., del Sur Sur Este con 3.0 m/s., del Sur Este con 1.5 m/s., del Este Sur Este con 1.0 m/s.

En cuanto a persistencia del viento tenemos que: la mayor frecuencia es del Sur Oeste con 57 % de ocurrencia, otras en orden descendente son las del Sur con 13 %, la del Sur Sur Oeste con 9 %, la del Oeste Sur Oeste con 8 %, en otras direcciones es casi despreciable.

En este periodo se presenta un alto porcentaje de calmas con un valor del 10.3 %, comparado con la del Primer Periodo.

En la figura N°4, se observa que la mayor velocidad promedio del viento proviene del Oeste Sur Oeste con una intensidad de 9.0 m/s., luego le sigue la del Sur Sur Oeste con una velocidad de 8.1 m/s., la del Sur Oeste con 7.6 m/s., del Sur con 7.5 m/s., del Sur Sur Este con 7.0 m/s., del Norte con 5.5 m/s., del Nor Nor Este con 4.5 m/s., del Este con 2.5 m/s. y por último la del Nor Este con 2.2m/s.

En lo que se refiere a persistencia diremos que la mayor frecuencia proviene del Sur Oeste con un valor de 32 % de ocurrencia, también es significativo la del Sur con 28 % y en menor grado la del Sur Sur Este con 17 % y por último las del Sur Este y Sur Sur Este con valores de 11 % y 8 % respectivamente.

Por otro lado tenemos información de la frecuencia del viento a nivel horario (desde las 07:00 horas las 18:00 horas) tanto para la Parte Baja del Valle como para la Parte Media (ambos en la primera fase), periodo 11 - 24 Marzo 1991. Los valores se aprecian en el cuadro N° 7.

Como se observará la dirección que se presenta con mayor frecuencia tanto en la parte baja como en la media, es del

Sur Oeste en casi todo el día.

CUADRO N° 7

H O R A S	P A R T E B A J A		P A R T E M E D I A	
	FRECUENCIA (%)	DIRECCION	FRECUENCIA (m/s)	DIRECCION
07	38.3	S	41.3	SE
08	59.3	SO	55.5	S
09	78.3	SO	57.4	S
10	91.1	SO	53.3	SO
11	80	SO	62.2	SO
12	83.3	SO	51.1	SO
13	63.9	SO	66	SO
14	83.3	SO	63.8	SO
15	83.3	SO	74.1	SO
16	70.8	SO	69.1	SO
17	73.6	SO	65.4	SO
18	62.5	SO	57.5	SO

En lo que respecta al Segundo Periodo (18 - 29 Agosto 1991) podemos decir también que la dirección que tuvo mayor frecuencia en las dos partes fue la del Sur Oeste, en casi todo el día, como puede apreciarse en el cuadro N° 8

Es necesario recalcar que estas frecuencias no son del 100 % por lo que quiere decir que también se presentan otras direcciones pero en menor porcentaje (esto ocurre a lo largo de todo el día).

Una muestra de lo anteriormente dicho se presenta en los figuras N°s 5 y 6 (Parte Baja y Media; Primera Campaña), 7 y 8 (Parte Baja y Media del valle; Segunda Campaña) en ellos se puede observar a una hora determinada, la dirección predominante y en menor frecuencia las otras direcciones.

CUADRO N° 8

H O R A S	P A R T E B A J A		P A R T E M E D I A	
	FRECUENCIA (%)	DIRECCION	FRECUENCIA (%)	DIRECCION
07	C A L M A		25.8	NE
08	C A L M A		31.2	SE
09	50	SO	37.5	S
10	66.7	SO	42.5	SO
11	69.4	SO	45	SO
12	78.6	SO	62.5	SO
13	71.4	SO	52.5	SO
14	85.7	SO	47.5	SO
15	90.5	SO	62.5	SO
16	100	SO	52.5	SO
17	100	SO	52.5	SO
18	97.6	SO	60	SO

5.3 ANALISIS DEL REGIMEN DE VIENTOS A LO LARGO DEL VALLE DE ILO PARA LOS PERIODOS DIURNO Y NOCTURNO (1990 - 1991)

En éste Item se analizará la velocidad promedio (m/s) y la frecuencia (%) del viento tanto para el periodo diurno comprendido desde las 08:00 horas hasta las 18:00 horas, como para el periodo nocturno comprendido entre las 19:00 horas hasta las 07:00 horas.

5.3.1 PERIODO DIURNO

5.3.1.1 LOCALIDAD : PUERTO DE ILO.-

En el cuadro N° 9 se observa la frecuencia por direcciones y velocidad promedio del viento para ésta estación. Se nota pues, que la mayor velocidad del viento proviene del Sur Este con una intensidad de 4.9 m/s., le siguen en orden descendente la del Sur Sur Este con una velocidad de 4.0 m/s.,

del Sur con 3.6 m/s. y la del Sur Sur Oeste con 3.1 m/s., en otras direcciones la intensidad es baja.

En cuanto a la frecuencia se tiene que la mayor persistencia provino del Sur Sur Este con una predominancia del 33 %, le sigue en menor orden la del Sur con 21 %, del Sur Sur Este y Sur Sur Oeste con 6.6 m/s. El periodo de calmas tiene una frecuencia de 6.7 m/s.

CUADRO N° 09

FRECUENCIA POR DIRECCIONES Y VELOCIDAD PROMEDIO DE VIENTO
PERIODO DIURNO

LOCALIDAD : PUERTO ILO

PERIODO 1990 - 91

DIRECCION	FRECUENCIA (%)	VELOCIDAD (m/s)
NNE	0,17	1,7
NE	0,00	---
ENE	0,06	2,6
E	0,11	1,3
ESE	0,11	1,8
SE	6,59	4,9
SSE	34,62	3,9
S	22,33	3,6
SSO	6,64	3,1
SO	1,51	2,7
OSO	3,52	2,8
O	6,48	3,0
ONO	6,81	2,0
NO	3,24	2,1
NNO	1,12	1,9
N	0,0	---
CALM	6,70	0,0

5.3.1.2 LOCALIDAD : PARTE BAJA DEL VALLE.-

En el cuadro N°10 se analiza el mismo parámetro (frecuencia y velocidad media viento), en ella observamos que la mayor intensidad del viento proviene del Sur Este con una velocidad de 3.8 m/s., le sigue la del Oeste Nor Oeste con 3.1 m/s., del Oeste con 3.0 m/s., del Nor Oeste con 2.5 m/s., del Oeste Sur Oeste con 2.2 m/s. y la del Sur con 2.1 m/s., en otras direcciones la velocidad es baja.

Con respecto a la frecuencia también se dirá que la mayor, proviene del Oeste con 39.2 % de ocurrencia, mientras que la del Oeste Nor Oeste y la del Oeste Sur Oeste la ocurrencia es del 19.5 %, en menor porcentaje se presenta la del Nor Oeste con 3.4% en otras direcciones las frecuencias están por debajo del 1 %. En ésta parte del Valle se registra un 8 % de ocurrencia de calmas.

5.3.1.3 LOCALIDAD : PARTE MEDIA DEL VALLE.-

En el cuadro N° 11 observamos que la mayor intensidad del viento proviene del Oeste con una velocidad de 3.7 m/s., en menor orden le siguen la del Oeste Sur Oeste, Sur Oeste con 3.6 m/s. y 3.5 m/s respectivamente. Las direcciones que corresponden al Oeste Nor Oeste y al Sur Sur Oeste presentan ambas una velocidad de 2.9 m/s.

En otras direcciones la intensidad es relativamente baja, pero en general la velocidad promedio es casi similar en todas direcciones como podrá apreciarse.

La frecuencia mas alta corresponde a la dirección Oeste, siguiéndole pero en menor escala la del Oeste Sur Oeste con 29.3 %, la del Sur Oeste con 9.7 %, del Este Nor Este y la del Oeste Nor Oeste con 4.2 % y 4.1 % respectivamente, en otras direcciones la frecuencia es baja.

CUADRO N° 10

FRECUENCIA POR DIRECCIONES Y VELOCIDAD PROMEDIO DE VIENTO

PERIODO DIURNO

LOCALIDAD : PARTE BAJA DEL VALLE DE ILO

PERIODO 1990 - 91

DIRECCION	FRECUENCIA (%)	VELOCIDAD (m/s)
NNE	0,29	0,9
NE	0,44	1,3
ENE	0,0	0,0
E	0,29	0,8
ESE	0,05	1,4
SE	0,05	3,8
SSE	0,15	1,6
S	0,68	2,1
SSO	0,68	1,8
SO	2,73	1,6
OSO	19,73	2,2
O	39,94	3,0
ONO	22,75	3,1
NO	3,56	2,5
NNO	0,39	2,0
N	0,34	1,0
CALM	7,94	0,0



CUADRO N° 11

FRECUENCIA POR DIRECCIONES Y VELOCIDAD PROMEDIO DE VIENTO

PERIODO DIURNO

LOCALIDAD : PARTE MEDIA DEL VALLE DE ILO

PERIODO 1990 - 91

DIRECCION	FRECUENCIA (%)	VELOCIDAD (m/s)
NNE	0,91	1,7
NE	2,96	2,3
ENE	4,24	2,3
E	3,00	2,5
ESE	2,09	2,8
SE	0,95	2,5
SSE	0,91	2,6
S	0,55	2,6
SSO	1,28	2,9
SO	9,77	3,5
OSO	29,42	3,5
O	37,14	3,7
ONO	4,13	2,9
NO	1,61	2,5
NNO	0,37	2,4
N	0,51	1,7
CALM	0,07	2,6

5.3.1.4 LOCALIDAD : PARTE ALTA DEL VALLE.-

En el cuadro N° 12 apreciamos que la mayor intensidad del viento proviene del Oeste Sur Oeste con 3.7 m/s., le sigue la del Oeste con 3.1 m/s., del Sur Oeste con 3.0 m/s., Sur Este con 2.8 m/s., Sur Sur Oeste y Nor Este con 1.7 m/s respectivamente, en otras direcciones es baja.

La dirección con mayor frecuencia es la del Oeste con 78.5 % de ocurrencia, del Oeste con 10.8 %, del Sur Oeste con 6.9 %, en otras direcciones la ocurrencia es menor del 1 %.

5.3.2 PERIODO NOCTURNO

5.3.2.1 ESTACION : PUERTO DE ILO.-

En el cuadro N° 13 observamos que las mayores intensidades de viento provienen del Sur Este, Sur Sur Este y Este con velocidades de 3.1 m/s, 3.0 m/s y 2.1 m/s respectivamente, en otras direcciones la velocidad es menor a 1.5 m/s.

La dirección que se presentó con mayor frecuencia ha sido la del Sur Sur Este, seguido de la del Sur Este con valores de 23.5 % y 20.5 % respectivamente.

Hay que tener presente que el periodo de calmas a ocurrido con mayor frecuencia en el Puerto con un valor de 26.2 % o sea que estas predominarán sobre las otras direcciones.

5.3.2.2 LOCALIDAD : PARTE BAJA DEL VALLE.-

En el cuadro N°14 se nota que la velocidad del viento ha sido casi uniforme en todas las direcciones. Lo mismo se puede decir sobre la frecuencia en donde se ha presentado casi los mismos valores en todas las direcciones, salvo en la del Oeste y Oeste Sur Oeste con valores de 8.5 % y 7.9 % respectivamente.

Se debe notar que el periodo de calmas tiene un alto porcentaje de ocurrencia con un valor del 54 %, esto nos da una idea de que en el periodo nocturno para ésta parte del Valle, vamos a tener siempre calmas.

Durante el día predominan los vientos de los sectores NNE y NE con una frecuencia anual del 53%, siendo su

CUADRO N° 12

FRECUENCIA POR DIRECCIONES Y VELOCIDAD PROMEDIO DE VIENTO

PERIODO DIURNO

LOCALIDAD : PARTE ALTA DEL VALLE DE ILO

PERIODO 1990 - 91

DIRECCION	FRECUENCIA (%)	VELOCIDAD (m/s)
NNE	0,0	---
NE	0,12	1,7
ENE	0,23	1,3
E	0,81	1,5
ESE	0,58	1,5
SE	0,46	2,8
SSE	0,23	0,9
S	0,12	1,2
SSO	0,81	1,7
SO	6,90	3,0
OSO	78,48	3,7
O	10,82	3,1
ONO	0,12	1,0
NO	0,35	0,8
NNO	0,0	---
N	0,0	---
CALM	0,0	0,0

CUADRO N° 13

FRECUENCIA POR DIRECCIONES Y VELOCIDAD PROMEDIO DE VIENTO

PERIODO NOCTURNO

LOCALIDAD : PUERTO ILO

PERIODO 1990 - 91

DIRECCION	FRECUENCIA (%)	VELOCIDAD (m/s)
NNE	1,8	1,1
NE	0,71	1,0
ENE	0,71	1,4
E	4,62	2,1
ESE	3,48	1,7
SE	20,53	3,1
SSE	23,54	3,0
S	1,57	1,8
SSO	0,91	1,0
SO	1,24	0,8
OSO	2,24	0,9
O	2,24	0,9
ONO	3,48	1,0
NO	2,91	1,2
NNO	3,62	1,3
N	0,14	1,1
CALM	26,20	0,0

CUADRO N° 14

FRECUENCIA POR DIRECCIONES Y VELOCIDAD PROMEDIO DE VIENTO

PERIODO NOCTURNO

LOCALIDAD : PARTE BAJA DEL VALLE DE ILO

PERIODO 1990 - 91

DIRECCION	FRECUENCIA (%)	VELOCIDAD (m/s)
NNE	0,58	1,3
NE	2,29	0,7
ENE	1,17	1,0
E	1,79	1,2
ESE	1,42	1,0
SE	1,46	0,9
SSE	1,79	1,4
S	1,67	1,3
SSO	1,96	1,3
SO	5,21	1,3
OSO	7,91	1,5
O	8,54	1,5
ONO	4,87	1,5
NO	2,79	1,3
NNO	1,12	1,1
N	1,42	1,4
CALM	54,02	0,0

velocidad media de 4.2 m/s. Durante la noche continúan predominando los vientos de los sectores NNE y NE aunque con menor frecuencia que en el día, siendo del orden del 40%; esto se debe al incremento en la frecuencia de ocurrencia de las calmas alrededor del 34% al año (Figura 38a). GEIGER (1950) menciona que los vientos generalmente son más intensos en el día debido al gran intercambio de radiación, es por esta razón que en el período nocturno la velocidad media de los vientos predominantes, que en esta localidad es del orden de 2.3 m/s, es menor que la correspondiente al período diurno. Es notable también la ocurrencia de vientos contrarios al predominante durante el período diurno aunque con muy poca frecuencia anual del orden del 14%. Es posible que estos vientos del SSO correspondan a los vientos "ascendentes de ladera" que ocurren en un corto período durante las horas de calentamiento, lo que se discutirá más adelante cuando se analice el comportamiento horario del viento.

5.3.2.3 LOCALIDAD : PARTE MEDIA DEL VALLE.-

En el cuadro N°15 observamos que las mayores velocidades provienen del Este y Este Sur Este con 2.0 m/s cada una.

En las otras direcciones las velocidades del viento son relativamente bajas comparadas con las primeras.

La mayor predominancia del viento a sido la del Oeste con 18.6 % de ocurrencia, le siguen la del Oeste Sur Oeste y Este Nor Este con 16.5 % y 16.4 % respectivamente.

Los vientos del Este y Oeste Nor Oeste se presentan con 8.8 % y 8.3 % de frecuencia respectivamente.

5.3.2.4 LOCALIDAD : PARTE ALTA DEL VALLE.-

En el cuadro N°16 se aprecia que la mayor intensidad del viento proviene del Oeste Sur Oeste con 1.7 m/s., seguidas del Sur Este y Sur Sur Este con 1.5 m/s. cada uno, en las otras direcciones la intensidad es menor.

La mayor frecuencia de viento la tiene la dirección Oeste Sur Oeste con 38.9 % de ocurrencia, le sigue la del Oeste con 14 %. En las otras direcciones las frecuencias están por debajo del 5 %.

Para una mejor ilustración de lo anteriormente dicho tanto para el período diurno como nocturno, se muestran las figuras del N°09 al N°16.

CUADRO N° 15

FRECUENCIA POR DIRECCIONES Y VELOCIDAD PROMEDIO DE VIENTO

PERIODO NOCTURNO

LOCALIDAD : PARTE MEDIA DEL VALLE DE ILO

PERIODO 1990 - 91

DIRECCION	FRECUENCIA (%)	VELOCIDAD (m/s)
NNE	2,13	1,2
NE	8,97	1,5
ENE	16,46	1,9
E	8,78	2,0
ESE	2,80	2,0
SE	1,48	1,6
SSE	0,65	1,5
S	0,49	1,2
SSO	1,33	1,5
SO	6,90	1,6
OSO	16,55	1,7
O	18,64	1,9
ONO	8,29	1,7
NO	3,85	1,8
NNO	1,42	1,5
N	0,92	1,2
CALM	0,28	0,9

CUADRO N° 16

FRECUENCIA POR DIRECCIONES Y VELOCIDAD PROMEDIO DE VIENTO

PERIODO NOCTURNO

LOCALIDAD : PARTE ALTA DEL VALLE DE ILO

PERIODO 1990 - 91

DIRECCION	FRECUENCIA (%)	VELOCIDAD (m/s)
NNE	0,40	0,8
NE	1,19	0,8
ENE	4,65	1,6
E	6,94	1,0
ESE	2,87	1,2
SE	3,57	1,5
SSE	5,15	1,5
S	3,96	1,1
SSO	3,87	0,9
SO	4,86	1,2
OSO	38,95	1,7
O	13,97	1,2
ONO	2,87	1,0
NO	0,79	0,8
NNO	0,50	0,6
N	0,40	1,0
CALM	5,05	0.0

5.4 ANALISIS DEL REGIMEN DE VIENTO ESTACIONAL

En éste Item se analizará la velocidad promedio (m/s) y la frecuencia (%) durante todo el día, del viento a nivel estacional durante los años 1990 - 1991 (a lo largo del Valle de Ilo).

5.4.1 ESTACION: VERANO

5.4.1.1 REGIMEN DEL VIENTO DE PUERTO ILO EN VERANO

Con respecto a la estación astronómica de verano (Enero, Febrero y Marzo) podemos observar que la mayor intensidad de viento proviene del Sur Este con 4.3 m/s., siguiéndole la del Sur Sur Este con 3.7 m/s., la del Sur Sur Oeste con 2.5 m/s., la del Este con 2.4 m/s., del Oeste y Nor Oeste ambos con 1.7 m/s., en el resto de direcciones las velocidades están por debajo de 1.5 m/s (ver cuadro n°17).

La dirección de viento que se presenta con mayor frecuencia es la del Sur Sur Este con 38.9 %, seguidas de la del Sur y Sur Este con 13.2 % y 12.9 % respectivamente, en otras direcciones las 3 frecuencias están por debajo del 4 % excepto el periodo de calmas que se presenta con 8.8 %.

Con respecto al promedio durante el periodo diurno (07 - 18 horas) de la estación de verano diremos que las mayores velocidades se registraron del Sur Este con 6.2 m/s., seguidas de la del Sur Sur Este con 4.4 m/s del Sur con 3.9 m/s., del Sur Sur Oeste y Oeste Sur Oeste ambos con 3.3 m/s., del Sur Oeste con 3.0 m/s., del Oeste con 2.9 m/s., en las otras direcciones las velocidades están por debajo de 2.6 m/s.

La dirección que se presenta con mayor regularidad es la del Sur Sur Este con 43.8 %, seguida de la del Sur con 27.1 %, en las otras direcciones las frecuencias están por debajo del 5 %.

En lo que se refiere al periodo nocturno (18 - 07 horas) para la época de verano, diremos que la mayor intensidad de viento ha provenido del Sur Este y Sur Sur Este ambos con 3.3 m/s., seguidas de la del Este con 2.4 m/s., en otras direcciones las intensidades están por debajo de 1.5 m/s.

El periodo de calmas se presenta con una frecuencia del 15 %.

CUADRO N° 17

FRECUENCIA DE DIRECCION DE VIENTO EN % Y VELOCIDAD PROMEDIO
POR DIRECCION EN M/S
VERANO 1991

LOCALIDAD : PUERTO ILO

DIR	VERANO 1991		VERANO DIURNO 18-07 HORAS		VERANO NOCTURNO	
	%	M/S	%	M/S	%	M/S
NNE	1.8	1.3	0.2	2.6	3.1	1.2
NE	0.4	1.0	0.0	---	0.8	1.0
ENE	0.8	1.4	0.0	---	1.5	1.4
E	1.4	2.4	0.0	---	2.6	2.4
ESE	1.9	1.5	0.0	---	3.5	1.5
SE	12.9	4.3	9.8	6.2	15.5	3.3
SSE	38.9	3.9	43.8	4.4	34.9	3.3
S	13.2	3.7	27.1	3.9	1.5	1.0
SSO	2.7	2.5	4.1	3.3	1.5	0.7
SO	1.4	1.4	0.8	3.0	2.0	0.9
OSO	2.3	1.5	1.4	3.3	3.1	0.8
O	2.9	1.7	2.5	2.9	3.1	0.9
ONO	4.4	1.6	5.5	2.1	3.5	0.9
NO	3.4	1.7	3.1	2.4	3.6	1.2
NNO	2.5	1.4	0.4	2.6	4.3	1.3
N	0.2	1.1	0.0	0.0	0.3	1.1
CALMA	8.8	0.0	1.4	0.0	15.0	0.0
VAR.	0.0	---	0.0	---	0.0	---

5.4.1.2 REGIMEN ESTIVAL DEL VIENTO EN LA PARTE BAJA DEL VALLE.-

Con respecto a la estación de verano diremos que la mayor intensidad de viento proviene del Oeste, Oeste Nor Oeste y Norte; las tres con 3.1 m/s., del Oeste Sur Oeste y Nor Oeste con 2.2 m/s y 2.1 m/s respectivamente, del Sur, Nor Nor Este y Sur Sur Este con 1.9 m/s, 1.7 m/s y 1.6 m/s. respectivamente, en otras direcciones las intensidades están por debajo de 1.5 m/s.

Se registra una mayor frecuencia de la dirección Oeste con 23.5 %, seguidas pero en menor orden de la del Oeste Nor Oeste con 14.3 % y del Oeste Sur Oeste con 13.7 %, en las otras direcciones las frecuencias están por debajo del 5 %. Ver cuadro N° 18.

El periodo de calmas presenta una frecuencia del 30.1 %, esto quiere decir que en la parte baja del valle las calmas son predominantes sobre todas las direcciones de viento.

En lo que se refiere al periodo diurno, en ésta parte del valle se dira que, la mayor intensidad del viento proviene del Oeste con 3.4 m/s., seguidas de la del Oeste Nor Oeste con 3.3 m/s., del Nor Oeste con 2.8 m/s., del Oeste Sur Oeste y Sur ambas con 2.6 m/s. Las intensidades en otras direcciones estan por debajo de 2.5 m/s. La mayor frecuencia la registra la dirección Oeste con 42 %, seguidas de la del Oeste Nor Oeste y Oeste Sur Oeste con 26.5 % y 17.6 % respectivamente, en otras direcciones la frecuencia está por debajo del 7 %.

Con respecto al periodo nocturno para ésta epoca estival, presentamos el siguiente análisis:

Se puede apreciar que las intensidades de viento son uniformes en casi todas las direcciones con valores entre 1.3 m/s y 1.9 m/s.

Los porcentajes de frecuencias también son casi similares en todas las direcciones, excepto para el periodo de calmas que se presenta con una alta frecuencia (50.9 %).

CUADRO N°18

FRECUENCIA DE DIRECCION DE VIENTO EN % Y VELOCIDAD PROMEDIO
 POR DIRECCION EN M/S
 VERANO 1991

LOCALIDAD: PARTE BAJA DEL VALLE DE ILO

DIR	VERANO 1991		VERANO DIURNO 07-18 HORAS		VERANO NOCTURNO 18-07 HORAS	
	%	M/S	%	M/S	%	M/S
NNE	0.4	1.7	0.2	0.6	0.6	1.9
NE	0.6	0.6	0.2	0.4	1.0	0.6
ENE	0.5	1.1	0.0	---	0.9	1.1
E	1.4	0.9	0.2	1.0	2.4	0.9
ESE	0.8	0.5	0.0	---	1.4	0.5
SE	1.2	1.0	0.0	0.0	2.3	1.0
SSE	1.7	1.6	0.3	1.3	2.9	1.6
S	1.8	1.9	1.3	2.6	2.2	1.5
SSO	1.3	1.4	0.7	2.0	1.9	1.2
SO	5.3	1.4	1.8	1.9	8.2	1.3
OSO	13.7	2.2	17.6	2.6	10.4	1.6
O	23.5	3.1	42.0	3.4	7.5	1.7
ONO	14.3	3.1	26.5	3.3	3.7	1.8
NO	2.7	2.1	3.2	2.8	2.3	1.3
NNO	0.7	1.5	0.2	2.5	1.3	1.4
N	0.1	3.1	0.0	0.0	0.1	3.1
CALMA	30.1	0.0	5.9	0.0	50.9	0.0
VAR.	0.0	---	0.0	---	0.0	---

5.4.1.3. REGIMEN ESTIVAL DEL VIENTO EN LA PARTE MEDIA DEL VALLE.-

Para el verano, el viento en la parte media presenta el siguiente análisis: Ver cuadro N° 19.

La mayor intensidad del viento se presentó del Este Sur Este con 3.2 m/s., seguidas de la del Oeste Sur Oeste con 2.9 m/s., del Oeste y Sur Oeste con 2.7 m/s., del Sur con 2.6 m/s., del Este, Sur Este y Sur Sur Este los tres con 2.5 m/s.

Las otras direcciones presentan intensidades por debajo de 2.2 m/s.

Con respecto a la frecuencia, diremos que el viento con dirección Oeste presenta una ocurrencia del 24.2 %, seguida de la del Oeste Sur Oeste con 23 % y la del Este Nor Este con 15 %, en las otras direcciones las frecuencias están por debajo del 9 %.

Para el periodo diurno presentamos el siguiente análisis:

La mayor intensidad del viento proviene del Oeste con 3.6 m/s., le siguen la del Este, Sur Sur Oeste, Sur Oeste y Oeste Sur Oeste, todas con 3.3 m/s., del Oeste Nor Oeste con 3.1 m/s., del Sur y Nor Nor Oeste ambas con 3.0 m/s., del Este y Sur Este con 2.9 m/s., en otras direcciones las intensidades están por debajo de 2.7 m/s.

La dirección con mayor frecuencia es la del Oeste Sur Oeste con 35 % de ocurrencia, le siguen la del Oeste con 28.3 % y la del Sur Oeste con 11.1 %, en las otras direcciones las frecuencias están por debajo del 6 %.

El periodo nocturno se caracteriza por presentar intensidades provenientes del Este Sur Este con un valor de 3.2 m/s., (valor máximo) siguiéndoles la del Sur Sur Este con 2.7 m/s., del Este con 2.4 m/s., del Sur Este con 2.2 m/s. En el resto de direcciones las intensidades están por debajo de 2.0 m/s.

La dirección de viento que presenta mayor frecuencia de ocurrencia es la del Este Nor Este con 22.7 %, seguida de la del Oeste con 20.9 %, del Oeste Sur Oeste con 13 %, en el resto de direcciones las frecuencias están por debajo del 10 %.

CUADRO N° 19

FRECUENCIA DE DIRECCION DE VIENTO EN % Y VELOCIDAD PROMEDIO
 POR DIRECCION EN M/S
 VERANO 1991

LOCALIDAD : PARTE MEDIA DEL VALLE DE ILO

DIR	VERANO 90/91		VERANO DIURNO 07-18 HORAS		VERANO NOCTURNO 18-07 HORAS	
	%	M/S	%	M/S	%	M/S
NNE	1.5	1.3	0.7	1.6	2.1	1.2
NE	7.2	1.9	4.5	2.6	9.5	1.6
ENE	15.0	2.2	5.8	2.7	22.7	2.0
E	5.7	2.5	2.9	2.9	8.1	2.4
ESE	2.1	3.2	1.6	3.3	2.4	3.2
SE	1.2	2.5	1.4	2.9	1.1	2.2
SSE	0.7	2.5	1.3	2.4	0.3	2.7
S	0.6	2.6	0.9	0.3	0.3	1.6
SSO	1.1	2.1	0.9	3.3	1.2	1.4
SO	8.9	2.7	11.1	3.3	7.2	1.8
OSO	23.0	2.9	35.0	3.3	13.0	1.8
O	24.2	2.7	28.3	3.6	20.9	1.8
ONO	4.4	2.0	2.7	3.1	5.8	1.6
NO	1.3	1.9	1.3	2.1	1.4	1.8
NNO	0.9	1.8	0.2	3.0	1.5	1.7
N	0.3	1.8	0.5	2.0	0.2	1.0
CALMA	0.3	0.0	0.2	0.0	0.5	0.0
VAR.	0.0	---	0.0	---	0.0	---

5.4.1.4. REGIMEN ESTIVAL DEL VIENTO EN LA PARTE ALTA DEL VALLE. -

Para el verano, la parte Alta presenta el siguiente análisis: Ver cuadro N° 20.

La mayor intensidad del viento provino del Oeste Sur Oeste con 3.1 m/s., seguidas de la del Oeste con 2.0 m/s., del Sur Oeste con 1.9 m/s., del Sur Sur Este con 1.8 m/s., del Este Sur Este con 1.6 m/s., del Este y Este Nor Este con 1.5 m/s. Las otras direcciones presentan intensidades por debajo de 1.4 m/s.

Cón respecto a la frecuencia, diremos que el viento con dirección Oeste Sur Oeste presenta una ocurrencia del 52.5 %, seguida del Oeste con 19.5 %, en las otras direcciones las frecuencias estan por debajo del 6 %.

Para el periodo diurno presentamos el siguiente análisis:

La mayor intensidad del viento proviene del Oeste Sur Oeste con 3.8 m/s., le sigue la del Oeste y Sur Este con 3.1 m/s., del Sur Oeste con 3.0 m/s., del Oeste Nor Oeste con 2.0 m/s., del Sur Sur Oeste y Este Sur Este ambas con 1.6 m/s., en otras direcciones las intensidades estan por debajo de 1.2 m/s. La dirección con mayor frecuencia es la del Oeste Sur Oeste con 71.1 % de ocurrencia, le sigue la del Oeste con 19.6 % y la del Sur Oeste con 6.1 %, en las otras direcciones las frecuencias estan por debajo de 0.8 %.

El periodo nocturno se caracteriza por presentar intensidades provenientes del Sur Sur Este con un valor de 1.8 m/s., (valor máximo) siguiéndoles la del Oeste Sur Oeste con 1.7 m/s., del Este Sur Este con 1.6 m/s., del Este y Este Nor Este ambas con 1.5 m/s., del Sur con 1.3 m/s. En el resto de direcciones las intensidades estan por debajo de 1.0 m/s. La dirección de viento que presenta mayor frecuencia de ocurrencia es la del Oeste Sur Oeste con 36.0 %, seguida de la del Oeste con 19.0 %, en el resto de direcciones las frecuencias estan por debajo del 10 %.

CUADRO N° 20

FRECUENCIA DE DIRECCION DE VIENTO EN % Y VELOCIDAD PROMEDIO
POR DIRECCION EN M/S
VERANO 1991

LOCALIDAD : PARTE ALTA DEL VALLE DE ILO

DIR	VERANO 1991		VERANO DIURNO 07-18 HORAS		VERANO NOCTURNO 18 -07 HORAS	
	%	M/S	%	M/S	%	M/S
NNE	0.0	---	0.0	---	0.0	---
NE	1.2	0.7	0.0	---	2.4	0.7
ENE	1.9	1.5	0.0	---	3.8	1.5
E	1.7	1.5	0.3	1.0	2.9	1.5
ESE	0.3	1.6	0.1	1.6	0.6	1.6
SE	2.6	1.4	0.8	3.1	4.0	1.0
SSE	5.5	1.8	0.6	0.9	9.6	1.8
S	3.7	1.3	0.3	1.2	6.6	1.3
SSO	2.5	1.0	0.7	1.6	4.0	0.9
SO	6.0	1.9	6.1	3.0	5.9	0.8
OSO	52.5	3.1	71.1	3.8	36.0	1.7
O	19.5	2.0	19.6	3.1	19.0	0.8
ONO	1.6	1.0	0.3	2.0	3.2	1.0
NO	0.5	0.9	0.1	1.0	1.0	0.9
NNO	0.5	0.9	0.0	---	1.0	0.9
N	0.0	---	0.0	---	0.0	---
CALMA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
VAR.	0.0	---	0.0	---	0.0	---

5.4.2 ESTACION: OTOÑO

5.4.2.1. REGIMEN OTOÑAL DEL VIENTO EN PUERTO DE ILO.-

Con respecto a la estación astronómica de otoño para el Puerto se hace el siguiente análisis:

En el cuadro N° 21 se nota que la dirección que tiene mayor velocidad es la del Este con 3.1 m/s., le sigue la del Sur Este con 2.7 m/s., la del Nor Nor Oeste con 2.5 m/s., del Este Nor Este, Este Sur Este y Oeste Sur Oeste, las tres con 2.3 m/s., del Sur con 2.2 m/s., del Sur Sur Este y Sur Oeste ambas con 2.1 m/s.; en las otras direcciones las velocidades son menores a 1.8 m/s.

La dirección con mayor frecuencia de ocurrencia es la del Sur Sur Este con 26.8 %, en otras direcciones las frecuencias están por debajo del 10 %.

Hay que notar que el periodo de calmas se presenta aquí con una alta frecuencia con un valor del 37.9 %, lo que quiere decir que las calmas predominan en el otoño.

El periodo diurno, para la estación en mención, presenta una mayor intensidad de viento proveniente del Sur Oeste con un valor de 2.7 m/s., le sigue la del Nor Nor Oeste, Nor Nor Este y Este Nor Este, las tres con 2.6 m/s., del Sur Este con 2.5 m/s., del Sur Sur Este y Oeste Sur Oeste ambas con 2.4 m/s. y Sur con 2.2 m/s., en otras direcciones las intensidades están por debajo de 1.8 m/s.

La dirección que presenta mayor frecuencia es la del Sur Sur Este con 40.5 % de ocurrencia, seguida de la del Sur con 20.8 %, en las otras direcciones las frecuencias están por debajo del 4 %. El periodo de calmas se presenta con una frecuencia del 12.9 %.

Para el periodo nocturno presentamos el siguiente análisis:

Se tiene que la mayor velocidad del viento se presenta de la dirección Este con un valor de 3.1 m/s., seguida de la del Sur Este con 2.8 m/s., del Nor Nor Oeste con 2.5 m/s., del Este Nor Este con 2.2 m/s., en otras direcciones las velocidades están por debajo de 1.7 m/s.

Con respecto a las frecuencias diremos que la mayor, la presenta la dirección Sur Sur Este con 15.3 %, seguida de la del Sur Este con 12.6 %. El periodo de calmas en la noche es muy acentuada ya que presenta una frecuencia del

CUADRO N° 21

FRECUENCIA DE DIRECCION DE VIENTO EN % Y VELOCIDAD PROMEDIO
POR DIRECCION EN M/S
OTOÑO 1991

LOCALIDAD : PUERTO ILO

DIR	OTOÑO 1991		OTOÑO DIURNO 07-18 HORAS		OTOÑO NOCTURNO 18-07 HORAS	
	%	M/S	%	M/S	%	M/S
NNE	0.0	---	0.2	2.6	3.1	1.2
NE	0.1	0.9	0.0	---	0.2	0.9
ENE	0.5	2.3	0.3	2.6	0.7	2.2
E	3.9	3.1	0.0	---	7.1	3.1
ESE	0.9	2.3	0.3	1.8	1.5	2.4
SE	9.1	2.7	5.0	2.5	12.6	2.8
SSE	26.8	2.1	40.5	2.4	15.3	1.3
S	9.6	2.2	20.8	2.2	0.2	1.4
SSO	3.6	1.8	7.6	1.8	0.2	0.2
SO	0.5	2.1	0.9	2.7	0.2	0.2
OSO	1.5	2.3	2.9	2.4	0.2	1.0
O	2.0	1.2	3.8	1.3	0.5	0.8
ONO	2.1	1.3	3.5	1.2	1.0	1.6
NO	1.1	1.3	1.5	1.0	0.7	1.7
NNO	0.3	2.5	0.4	2.6	0.5	2.5
N	0.0	---	0.0	---	0.3	1.1
CALMA	37.9	0.0	12.9	0.0	58.9	0.0
VAR.	0.0	---	0.0	---	0.0	---

58.9 % muy por encima de las otras direcciones.

5.4.2.2. REGIMEN OTOÑAL DEL VIENTO EN LA PARTE BAJA DEL VALLE.

Con respecto a la información obtenida de la parte baja del Valle de Ilo diremos lo siguiente : Las mayores velocidades se registraron en las direcciones siguientes : Oeste y Oeste Nor Oeste ambas con 2.7 m/s., le sigue la del Oeste Sur Oeste con 1.9 m/s., del Nor Oeste con 1.7 m/s., del Este Sur Este, Sur Sur Este, Sur Sur Oeste y Sur Oeste, las cuatro con 1.4 m/s., en las otras direcciones estan por debajo de 1.2 m/s. (ver cuadro N° 22)

Los vientos provenientes del Oeste son muy frecuentes, con un valor de 22 %, las del Oeste Sur Oeste también se presentan con una frecuencia del 16.3 %, en otras direcciones estan por debajo del 9 %.

Aquí el periodo de calmas es muy significativo ya que se presenta con una frecuencia del 35.6 %.

El periodo diurno del otoño se caracteriza por presentar intensidades de viento provenientes del Oeste con 3.0 m/s., seguidas de la del Oeste Nor Oeste con 2.9 m/s., del Nor Oeste con 2.4 m/s., del Sur Sur Este y Oeste Sur Oeste ambas con 2.2 m/s., en otras direcciones estan por debajo de 2.0 m/s. La dirección que presenta mayor frecuencia es la del Oeste con 40.7 %, seguida de la del Oeste Sur Oeste con 26.7 % y la del Oeste Nor Oeste con 16.7 %. En otras direcciones la frecuencia es menor al 4 %.

El periodo nocturno para la estación de otoño presenta las siguientes características:

La mayor intensidad de viento proviene del Oeste Nor Oeste y Este Sur Este, ambas con 1.4 m/s., seguida de la del Sur Sur Este con 1.3 m/s., del Sur Oeste, Oeste Sur Oeste, Oeste y Nor Oeste todas con 1.1 m/s., en otras direcciones es menor a 0.8 m/s.

El periodo de calmas se presenta con una alta frecuencia, obteniéndose un valor del 62.1 % durante la época Otoñal.

CUADRO N° 22

FRECUENCIA DE DIRECCION DE VIENTO EN % Y VELOCIDAD PROMEDIO
POR DIRECCION EN M/S
OTOÑO 1991

LOCALIDAD : PARTE BAJA DEL VALLE DE ILO

DIR	OTOÑO 1991		OTOÑO DIURNO 07-18 HORAS		OTOÑO NOCTURNO 18 -07 HORAS	
	%	M/S	%	M/S	%	M/S
NNE	0.4	1.1	0.6	1.2	0.3	0.9
NE	1.1	0.5	0.2	0.4	2.1	0.5
ENE	0.1	0.7	0.0	---	0.3	0.7
E	1.1	0.7	0.3	0.5	1.8	0.8
ESE	1.1	1.4	0.3	1.4	1.8	1.4
SE	1.0	0.7	0.0	---	1.8	0.7
SSE	1.1	1.4	0.3	2.2	1.8	1.3
S	0.8	1.2	0.6	1.7	1.0	0.9
SSO	1.7	1.4	1.5	2.0	1.8	1.0
SO	4.0	1.4	4.0	1.6	4.1	1.1
OSO	16.3	1.9	26.7	2.2	7.4	1.1
O	22.0	2.7	40.7	3.0	6.2	1.1
ONO	8.8	2.7	16.7	2.9	2.1	1.4
NO	3.6	1.7	3.3	2.4	3.8	1.1
NNO	0.8	1.1	0.6	1.9	1.0	0.7
N	0.4	0.7	0.0	---	0.8	0.7
CALMA	35.6	0.0	4.3	0.0	62.1	0.0
VAR.	0.0	---	0.0	---	0.0	---

5.4.2.3. REGIMEN OTOÑAL DEL VIENTO EN LA PARTE MEDIA DEL VIENTO.-

Con respecto a la estación de otoño para la Parte Media del Valle de Ilo, diremos lo siguiente :

En el cuadro N° 23 se aprecia que la mayor intensidad de viento provino del Sur Sur Oeste con un valor de 3.5 m/s., seguido de la del Oeste con 3.4 m/s., posteriormente del Oeste Nor Oeste y Oeste Sur Oeste con 2.5 m/s. y 2.3 m/s. respectivamente; del Este con 2.1 m/s., en otras direcciones las intensidades están por debajo de 1.9 m/s.

La dirección de viento que se presentó con mayor frecuencia fue la del Oeste con 31.4 %, siguiéndole la del Este Nor Este con 13.7 % y la del Oeste Sur Oeste con 12.1 %.

El periodo diurno para el otoño presenta las siguientes características :

Encontramos que la mayor intensidad provino del Nor Nor Oeste con un valor de 4.0 m/s., seguido de la del Oeste con 3.8 m/s., del Sur Sur Oeste con 3.5 m/s., del Oeste Nor Oeste con 3.2 m/s., del Sur y Oeste Sur Oeste ambas con 3.0 m/s., en otras direcciones las velocidades están por debajo de 2.5 m/s.

La dirección de viento que predominó más en este periodo fue la del Oeste con 48.2 % de frecuencia, seguidas de la del Oeste Sur Oeste con 13.4 % y del Este Nor Este con 10.1 %, en las otras direcciones las frecuencias están por debajo del 8 %.

El periodo nocturno se presenta aquí con algunas características importantes :

Se nota que la mayor intensidad del viento proviene del Oeste con 2.4 m/s., le siguen pero en menor intensidad la del Este y Oeste Nor Oeste ambas con 2.0 m/s., del Este Nor Este, Este Sur Este, Sur Sur Este y Norte todas con 1.8 m/s., en las otras direcciones es menor a 1.6 m/s.

La mayor frecuencia de ocurrencia la tiene la dirección Oeste con 17.2 %, seguida de la del Este Sur Este con 16.7 %, del Oeste Sur Oeste, Nor Este y Este con 11.1 %, 10.5 % y 10.3 % respectivamente.

CUADRO N° 23

FRECUENCIA DE DIRECCION DE VIENTO EN % Y VELOCIDAD PROMEDIO
 POR DIRECCION EN M/S
 OTOÑO 1991

LOCALIDAD: PARTE MEDIA DEL VALLE DE ILO

DIR	OTOÑO 1991		OTOÑO DIURNO 07-18 HORAS		OTOÑO NOCTURNO 18-07 HORAS	
	%	M/S	%	M/S	%	M/S
NNE	2.6	1.3	1.2	1.2	3.9	1.3
NE	7.9	1.5	4.9	1.6	10.5	1.4
ENE	13.7	1.8	10.1	1.8	16.7	1.8
E	7.7	2.1	4.6	2.2	10.3	2.0
ESE	3.6	1.8	2.7	1.9	4.4	1.8
SE	1.3	1.6	0.6	2.3	1.8	1.4
SSE	0.4	1.9	0.3	2.2	0.5	1.8
S	0.3	1.4	0.9	3.0	0.5	1.4
SSO	0.3	3.5	0.6	3.5	1.2	1.4
SO	2.4	1.7	2.4	2.5	2.3	1.0
OSO	12.1	2.3	13.4	3.0	11.1	1.6
O	31.4	3.4	48.2	3.8	17.2	2.4
ONO	9.3	2.5	8.5	3.2	10.0	2.0
NO	4.2	1.7	1.5	2.4	6.4	1.6
NNO	2.0	1.7	0.3	4.0	3.3	1.5
N	0.7	1.8	0.3	1.6	1.0	1.8
CALMA	0.0	0.0	0.2	5.2	0.5	0.0
VAR.	0.0	---	0.0	---	0.0	---

5.4.2.4 REGIMEN OTOÑAL DEL VIENTO EN LA PARTE ALTA DEL VALLE

Con respecto a la estación de otoño para la Parte Alta del Valle de Ilo, diremos lo siguiente :

En el cuadro N° 24 se aprecia que la mayor intensidad de viento provino del Oeste Sur Oeste con un valor de 3.5 m/s., seguido de la del Sur Oeste con 2.5 m/s., posteriormente del Sur Sur Este y Oeste ambas con 2.0 m/s. respectivamente, del Este Sur Este con 1.8 m/s., y del Este Nor Este con 1.6 m/s., en otras direcciones las intensidades están por debajo de 1.3 m/s.

La dirección de viento que se presentó con mayor frecuencia fue la del Oeste Sur Oeste con 57.8 %, siguiéndole la del Oeste con 14.1 %.

El período diurno para el otoño presenta las siguientes características :

Encontramos que la mayor intensidad provino del Oeste Sur Oeste con un valor de 3.9 m/s., seguido de la del Sur Oeste con 3.6 m/s., del Oeste con 3.5 m/s., del Sur con 2.8 m/s., del Nor Este con 2.1 m/s., del Este y Sur Este ambas con 1.8 m/s. y del Sur Sur Oeste con 1.7 m/s., en otras direcciones las velocidades están por debajo de 0.9 m/s.

La dirección de viento que predominó más en este período fue la del Oeste Sur Oeste con 77.8 % de frecuencia, seguida de la del Oeste con 12.0 %, en las otras direcciones las frecuencias están por debajo del 8 %.

El período nocturno se presenta aquí con algunas características importantes :

Se nota que la mayor intensidad del viento proviene del Sur Sur Este con 2.0 m/s., le siguen pero en menor intensidad la del Este Sur Este con 1.8 m/s., del Oeste Sur Oeste con 1.7 m/s., del Este Nor Este y Sur Oeste ambas con 1.6 m/s., del Oeste con 1.1 m/s. y del Sur con 1.0 m/s., en las otras direcciones es menor a 0.8 m/s.

La mayor frecuencia de ocurrencia la tiene la dirección Oeste Sur Oeste con 36.8 %, seguida de la del Oeste con 14.8 %, del Este Nor Este y Sur Sur Este ambas con 10.1 %, en otras direcciones están por debajo del 6 %.

CUADRO N° 24

FRECUENCIA DE DIRECCION DE VIENTO EN % Y VELOCIDAD PROMEDIO
 POR DIRECCION EN M/S
 OTOÑO 1991

LOCALIDAD : PARTE ALTA DEL VALLE DE ILO

DIR	OTOÑO 1991		OTOÑO DIURNO 07-18 HORAS		OTOÑO NOCTURNO 18 -07 HORAS	
	%	M/S	%	M/S	%	M/S
NNE	0.3	0.8	0.0	---	0.5	0.8
NE	1.5	0.9	0.7	2.1	2.8	0.7
ENE	4.5	1.6	0.0	---	10.1	1.6
E	2.0	1.2	0.5	1.8	3.6	1.2
ESE	0.8	1.8	0.0	---	1.6	1.8
SE	2.5	1.3	0.5	1.8	4.5	1.2
SSE	5.0	2.0	0.5	0.9	10.1	2.0
S	0.8	1.0	0.2	2.8	1.5	1.0
SSO	1.2	0.8	0.3	1.7	2.0	0.8
SO	6.9	2.5	7.5	3.6	6.0	1.6
OSO	57.8	3.5	77.8	3.9	36.8	1.7
O	14.1	2.0	12.0	3.5	14.8	1.1
ONO	1.5	0.8	---	2.9	2.9	0.8
NO	0.3	0.6	0.0	---	0.8	0.6
NNO	0.3	0.9	0.0	---	0.8	0.9
N	0.5	0.9	0.0	---	1.2	0.9
CALMA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
VAR.	0.0	---	0.0	---	0.0	---

5.4.3. ESTACION : INVIERNO. -

Con respecto a la estación de invierno (Julio, Agosto y Setiembre), las zonas en estudio presentaron las siguientes características :

5.4.3.1 REGIMEN INVERNAL DEL VIENTO EN PUERTO DE ILO. -

Con respecto a la estación astronómica de invierno para el Puerto se hace el siguiente análisis:

En el cuadro N° 25 se nota que la dirección que tiene mayor velocidad es la del Este con 3.0 m/s., le sigue la del Sur Este con 2.8 m/s., del Sur con 2.5 m/s. y Este Sur Este ambas con 2.5 m/s, del Este Nor Este con 2.4 m/s., del Sur Oeste y Oeste Sur Oeste ambas con 2.2 m/s., del Sur Sur Este con 2.1 m/s., en las otras direcciones las velocidades son menores a 2.0 m/s.

En lo que se refiere a frecuencia diremos que la dirección predominante fué la del Sur Sur Este con 31.7 %, seguida del periodo de calmas con 20.4 %, del Sur con 11.5 %, en las otras direcciones las frecuencias estan por debajo del 5 %.

El periodo diurno, para la estación en mención, presenta una mayor intensidad de viento proveniente del Sur Este con un valor de 3.0 m/s., le sigue la del Sur Sur Este con 2.9 m/s., del Sur con 2.6 m/s., del Sur Oeste con 2.4 m/s., del Oeste Sur Oeste y Nor Nor Oeste ambas con 2.3 m/s., en otras direcciones las intensidades estan por debajo de 1.9 m/s.

La dirección que presenta mayor frecuencia es la del Sur Sur Este con 35 % de ocurrencia, seguida de la del Sur con 28 %, en las otras direcciones las frecuencias estan por debajo del 4 %.

El periodo de calmas se presenta con una frecuencia del 6 %.

Para el periodo nocturno presentamos el siguiente análisis:

Se tiene que la mayor velocidad del viento se presenta de la dirección Este con un valor de 3.0 m/s., seguida de la del Sur Este con 2.7 m/s., del Este Sur Este con 2.6 m/s., del Este Nor Este con 2.4 m/s., en otras direcciones las velocidades estan por debajo de 1.8 m/s.

CUADRO N° 25

FRECUENCIA DE DIRECCION DE VIENTO EN % Y VELOCIDAD PROMEDIO
POR DIRECCION EN M/S

INVIERNO 1991

LOCALIDAD : PUERTO DE ILO

DIR	INVIERNO 90/91		INVIERNO DIURNO 07-18 HORAS		INVIERNO NOCTURNO 18-07 HORAS	
	%	M/S	%	M/S	%	M/S
NNE	0.0	---	---	---	0.0	---
NE	0.0	---	0.0	---	0.0	---
ENE	0.3	2.4	0.0	---	0.6	2.4
E	2.0	3.0	0.0	---	3.9	3.0
ESE	1.1	2.5	0.3	1.8	1.8	2.6
SE	11.0	2.8	4.0	3.0	14.0	2.7
SSE	31.7	2.1	35.0	2.9	28.0	1.1
S	11.5	2.5	28.0	2.6	2.0	1.0
SSO	5.0	1.8	7.0	1.9	2.0	1.4
SO	1.0	2.2	1.2	2.4	0.7	1.8
OSO	1.5	2.2	3.0	2.3	0.3	1.2
O	5.0	1.3	5.5	1.4	4.6	1.2
ONO	4.5	1.5	4.0	1.7	4.0	1.3
NO	2.0	1.5	2.8	1.7	1.3	1.1
NNO	3.0	2.0	3.2	2.3	2.8	1.6
N	0.0	---	0.0	---	0.0	---
CALMA	20.4	0.0	6.0	0.0	34.0	0.0
VAR.	0.0	---	0.0	---	0.0	---

En ésta época predomina el periodo de calmas con un valor del 34 %, seguida de la del Sur Sur Este con un valor del 28 %, le sigue la del Sur Este con 14 %, en las otras direcciones estan por debajo del 5 %.

5.4.3.2. REGIMEN INVERNAL DEL VIENTO EN LA PARTE BAJA DEL VALLE. -

En el cuadro N° 26 se nota que la mayor intensidad de viento provino del Oeste Nor Oeste con 2.0 m/s., siguiendo pero en menor orden la del Oeste con 1.7 m/s., luego la del Oeste Sur Oeste con 1.4 m/s. y la del Norte con 1.1 m/s. En otras direcciones estan por debajo de 1.0 m/s.

La dirección de viento que mas predominó fue la del Oeste con 27.5 %, seguida de la del Oeste Nor Oeste con 21.8 %.

Aquí el periodo de calmas tuvo una mayor incidencia ya que se presentó con una regularidad del 29.3 %.

El periodo diurno se caracterizó por presentar velocidades de 2.4 m/s. provenientes del Oeste Nor Oeste, seguidas de la del Sur Sur Este con 2.2 m/s., del Sur Sur Oeste y Oeste ambas con 2.0 m/s.

La mayor frecuencia del viento se registró del Oeste con 44.3 % seguida de la del Oeste Nor Oeste con 29.8 % y la del Oeste Sur Oeste con 15.3 %, en las otras direcciones las frecuencias estan por debajo del 5 %.

En el periodo nocturno la mayor velocidad del viento provino del Sur Sur Oeste con 2.0 m/s., siguiendole la del Oeste Sur Oeste con 1.5 m/s., luego la del Oeste Nor Oeste con 1.3 m/s., en otras direcciones las intensidades estan por debajo de 1.0 m/s.

Las direcciones Oeste Nor Oeste y Oeste tuvieron una frecuencia de 14.8 % y 12.8 % respectivamente, cabe resaltar que las calmas se presentaron casi permanentemente ya que tuvieron una frecuencia del 51 %.

5.4.3.3. REGIMEN INVERNAL DEL VIENTO EN LA PARTE MEDIA DEL VALLE. -

La Parte Media del valle presentó las siguientes características : Observar cuadro N° 27

La dirección Oeste registró una velocidad de 3.1 m/s. seguido de la del Oeste Sur Oeste con 2.9 m/s., luego

CUADRO N° 26

FRECUENCIA DE DIRECCION DE VIENTO EN % Y VELOCIDAD PROMEDIO
POR DIRECCION EN M/S

INVIERNO 1991

LOCALIDAD : PARTE BAJA DEL VALLE DE ILO

DIR	INVIERNO 1991		INVIERNO DIURNO 07-18 HORAS		INVIERNO NOCTURNO 18-07 HORAS	
	%	M/S	%	M/S	%	M/S
NNE	0.0	---	0.6	1.2	0.3	0.9
NE	2.1	0.5	0.2	0.4	4.0	0.5
ENE	0.0	---	0.0	---	3.0	7.0
E	0.0	---	3.0	0.5	1.8	0.8
ESE	0.0	---	0.3	1.4	1.8	1.4
SE	0.0	---	0.0	0.0	1.8	0.7
SSE	0.4	0.8	0.3	2.2	0.7	0.8
S	1.1	0.4	0.6	1.7	2.0	0.4
SSO	0.7	2.0	1.5	2.0	1.3	2.0
SO	2.9	0.9	3.1	0.9	2.7	0.8
OSO	9.6	1.4	15.3	1.3	4.7	1.5
O	27.5	1.7	44.3	2.0	12.8	1.0
ONO	21.8	2.0	29.8	2.4	14.8	1.3
NO	1.4	0.9	1.5	0.9	1.3	1.0
NNO	0.7	1.0	0.6	1.9	1.3	1.0
N	2.5	1.1	1.5	1.3	3.4	1.0
CALMA	29.3	0.0	4.6	0.0	51.0	0.0
VAR.	0.0	---	0.0	---	0.0	---

CUADRO N° 27

FRECUENCIA DE DIRECCION DE VIENTO EN % Y VELOCIDAD PROMEDIO
 POR DIRECCION EN M/S
 INVIERNO 1991

LOCALIDAD: PARTE MEDIA DEL VALLE DE ILO

DIR	INVIERNO 1991		INVIERNO DIURNO 07-18 HORAS		INVIERNO NOCTURNO 18-07 HORAS	
	%	M/S	%	M/S	%	M/S
NNE	1.5	1.4	0.6	2.0	2.3	1.3
NE	4.5	1.4	1.5	1.9	6.9	1.3
ENE	6.4	1.9	0.9	2.1	11.0	1.9
E	5.4	1.9	2.7	2.3	7.7	1.8
ESE	1.9	1.6	0.3	1.8	3.3	1.6
SE	1.4	1.6	1.2	2.0	1.5	1.4
SSE	0.8	1.9	0.9	2.6	0.8	1.3
S	0.6	1.5	0.3	3.2	0.8	0.9
SSO	1.1	1.9	1.5	2.4	0.8	1.1
SO	3.6	1.8	2.4	2.7	4.6	1.4
OSO	19.4	2.9	27.7	3.6	12.3	1.7
O	35.8	3.1	53.4	3.8	21.0	1.7
ONO	10.6	2.0	4.3	2.9	15.9	1.8
NO	5.2	2.3	1.8	2.6	7.9	2.2
NNO	1.1	1.5	0.3	4.0	2.1	1.5
N	0.7	1.5	0.3	2.1	1.0	1.3
CALMA	0.0	0.0	0.2	5.2	0.5	0.0
VAR.	0.0	---	0.0	---	0.0	---

del Nor Oeste con 2.3 m/s. y del Oeste Nor Oeste con 2.0 m/s., en otras direcciones las intensidades estan por debajo de 1.9 m/s.

En cuanto a la frecuencia diremos que la dirección Oeste presenta un alto valor con 35.8 %, seguida de la del Oeste Sur Oeste con 19.4 % y la del Oeste Nor Oeste con 10.6 %, en otras direcciones las frecuencias estan por debajo de 6.5 %.

En lo que se refiere al periodo diurno diremos que la mayor velocidad provino del Nor Nor Oeste con 4.0 m/s., siguiendole la del Oeste con 3.8 m/s., del Oeste Sur Oeste con 3.6 m/s., del Sur con 3.2 m/s.

La dirección de viento mas frecuente fue la del Oeste con 53.4 % y la del Oeste Sur Oeste con 27.7 %, en las otras direcciones estan por debajo del 4 %.

El periodo nocturno se caracterizó por presentar velocidades de 2.2 m/s. provenientes del Nor Oeste, seguida de la del Este Nor Este con 1.9 m/s., del Este y Oeste Nor Oeste ambas con 1.8 m/s., del Oeste Sur Oeste y Oeste ambas con 1.7 m/s., del Este Sur Este con 1.6 m/s., en otras direcciones las velocidades estan por debajo de 1.5 m/s.

La dirección de viento mas frecuente fue la del Oeste con 21 %, seguida de la del Oeste Nor Oeste con 15.9 %, del Oeste Sur Oeste con 12.3 % y del Este Nor Este con 11 %, en otras direcciones las frecuencias estan por debajo del 8 %.

5.4.3.4. REGIMEN INVERNAL DEL VIENTO EN LA PARTE ALTA DEL VALLE .-

En el cuadro N° 28 se aprecia que la estación de invierno en la Parte Alta del Valle de Ilo presentó las siguientes características :

La mayor intensidad de viento proviene del Oeste Sur Oeste con una velocidad de 3.0 m/s., le sigue la del Sur Oeste con 2.5 m/s. y la del Este Sur Este con 2.0 m/s., del Sur Este con 1.8 m/s., del Este Nor Este con 1.6 m/s., en otras direcciones las velocidades estan por debajo de 1.1 m/s. La mayor frecuencia del viento fue de dirección Oeste Sur Oeste con un valor de 61.8 % la cual practicamente es la mas alta de la estación.

En lo que se refiere al periodo diurno diremos que la mayor intensidad del viento provino del Oeste Sur Oeste con 3.7 m/s., seguido de la del Sur Oeste con 3.2 m/s., del

CUADRO N° 28

FRECUENCIA DE DIRECCION DE VIENTO EN % Y VELOCIDAD PROMEDIO
 POR DIRECCION EN M/S
 INVIERNO 1991

LOCALIDAD : PARTE ALTA DEL VALLE DE ILO

DIR	INVIERNO 1991		INVIERNO DIURNO 07-18 HORAS		INVIERNO NOCTURNO 18-07 HORAS	
	%	M/S	%	M/S	%	M/S
NNE	0.4	0.5	0.0	---	0.8	0.5
NE	0.4	0.7	0.0	---	0.8	0.7
ENE	3.9	1.6	0.3	1.6	6.9	1.6
E	1.5	1.1	0.0	---	2.8	1.1
ESE	0,3	2.0	0.0	---	0.5	2.0
SE	2.8	1.8	0.9	3.0	4.4	1.6
SSE	1.5	0.9	0.6	0.9	2.3	0.9
S	1.5	1.0	0.3	1.2	2.6	1.0
SSO	2.5	0.9	0.6	1.5	4.1	0.8
SO	8.1	2.5	11.2	3.2	5.4	1.2
OSO	61.8	3.0	83.9	3.7	43.1	1.7
O	5.4	1.1	1.8	1.4	8.5	1.1
ONO	1.7	0.8	0.0	---	3.1	0.8
NO	0.8	0.6	0.3	0.8	1.3	0.6
NNO	0.3	0.6	0.0	---	0.5	0.6
N	0.4	0.9	0.0	---	0.8	0.9
CALMA	6.7	0.0	0.0	0.0	12.3	0.0
VAR.	0.0	---	0.0	---	0.0	---

Sur Este con 3.0 m/s., del Este Nor Este, Sur Sur Oeste y Oeste con 1.6 m/s, 1.5 m/s y 1.4 m/s respectivamente, en otras direcciones es inferior a 1.2 m/s.

La dirección Oeste Sur Oeste tiene una marcada predominancia en lo que se refiere a frecuencia ya que se presenta con 83.9 % de ocurrencia, lo cual quiere decir que ésta es característico de esta parte del Valle.

El periodo nocturno presenta algunas características saltantes como son : la intensidad de viento registrado nos da el valor de 2.0 m/s. proveniente del Este Sur Este, seguido de la del Oeste Sur Oeste con 1.7 m/s., del Sur Este y Este Nor Este ambas con 1.6 m/s., en otras direcciones es menor a 1.2 m/s.

Con respecto a la frecuencia diremos que el mayor valor lo tiene la dirección Oeste Sur Oeste con 43.1 % de ocurrencia, seguido pero en menor porcentaje del periodo de calmas con un valor de 12.3 %, en otras direcciones las frecuencias están por debajo del 8 %.

5.4.4. ESTACION : PRIMAVERA

Con respecto a la estación de primavera (Octubre, Noviembre y Diciembre) para las zonas en estudio, se analiza lo siguiente :

5.4.4.1. REGIMEN DEL VIENTO EN PUERTO DE ILO EN PRIMAVERA.-

En el cuadro N° 29 se aprecian las siguientes características:

La mayor intensidad de viento fue de 4.1 m/s provenientes del Sur, le sigue la del Sur Sur Este con 3.9 m/s., del Sur Sur Oeste con 3.5 m/s., del Sur Este con 3.0 m/s. y del Oeste con 2.9 m/s., en otras direcciones las velocidades están por debajo de 2.4 m/s.

La dirección que se presentó con mayor regularidad fue la del Sur Sur Este con una frecuencia del 37 %, seguida de la del Sur con 13.1 % y la del Sur Este con 12 %, en las otras direcciones las frecuencias están por debajo del 8 %

El periodo diurno se caracterizó por presentar las siguientes condiciones :

CUADRO N° 29

FRECUENCIA DE DIRECCION DE VIENTO EN % Y VELOCIDAD PROMEDIO
POR DIRECCION EN M/S

PRIMAVERA 1991

LOCALIDAD : PUERTO ILO

DIR	PRIMAVERA 90/91		PRIMAVERA DIURNA 07- 18 HORAS		PRIMAVERA NOCTURNA 18- 07 HORAS	
	%	M/S	%	M/S	%	M/S
NNE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ENE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E	0.5	1.1	0.0	0.0	1.0	1.1
ESE	1.4	2.2	0.0	0.0	2.6	2.2
SE	12.0	3.0	0.4	3.3	21.9	3.0
SSE	37.0	3.9	26.4	4.5	46.1	3.6
S	13.1	4.1	26.8	4.2	1.3	2.0
SSO	7.2	3.5	13.8	3.9	1.6	1.3
SO	1.4	2.4	1.5	4.1	1.3	0.7
OSO	2.6	2.2	3.1	3.4	2.3	0.8
O	8.1	2.9	14.2	2.3	2.9	0.9
ONO	7.8	1.6	7.3	2.2	8.2	1.0
NO	3.4	1.7	3.8	2.2	2.9	1.1
NNO	5.5	1.5	2.7	0.0	7.8	1.3
N	0.0	---	0.0	---	0.0	---
CALMA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
VAR	0.0	---	0.0	---	0.0	---

La mayor intensidad del viento provino del Sur Sur Este con 4.5 m/s., seguida de la del Sur con 4.2 m/s., del Sur Oeste con 4.1 m/s., del Sur Sur Oeste con 3.9 m/s., del Oeste Sur Oeste y Oeste ambas con 3.4 m/s y del Sur Este con 3.3 m/s., en otras direcciones la velocidad estuvo por debajo de 2.3 m/s.

En relación a las frecuencias se dirá que la dirección Sur Sur Este y Sur son las direcciones que se presentan con mayor regularidad con 26.4 % y 26.8 %, le sigue la del Oeste con 14.2 %, del Sur Sur Oeste con 13.8 %, en otras direcciones las frecuencias están por debajo del 7 %.

La Primavera presentó un periodo nocturno con las siguientes características :

La dirección de viento que registró mayor velocidad fue la del Sur Sur Este con 3.6 m/s., seguida de la del Sur Este con 3.0 m/s., del Este Sur Este con 2.2 m/s. y del Sur con 2.0 m/s., en otras direcciones las velocidades están por debajo de 1.3 m/s.

Con respecto a las frecuencias diremos que la dirección Sur Sur Este registró una ocurrencia del 46.1 %, seguido de la del Sur Este con 21.9 %, en otras direcciones es inferior al 8 %.

5.4.4.2. REGIMEN DEL VIENTO EN LA PARTE BAJA DEL VALLE EN PRIMAVERA.-

Para la Parte Baja se presenta el siguiente análisis, observar el cuadro N° 30 :

El Oeste Nor Oeste fue la dirección que presentó mayor intensidad de viento con 2.9 m/s., seguido del Oeste con 2.2 m/s., luego la del Nor Oeste con 2.1 m/s. y la del Sur Sur Este y Sur ambas con 1.9 m/s y 1.8 m/s respectivamente. En otras direcciones las intensidades están por debajo de 1.5 m/s.

En lo que se refiere a las frecuencias diremos que el periodo de calmas se presenta con mayor regularidad con un valor de 27.6 %, seguido de la dirección Oeste con 25.6 % y la del Oeste Nor Oeste con 18.9 %. En otras, las frecuencias están por debajo del 8 %.

CUADRO N° 30

FRECUENCIA DE DIRECCION DE VIENTO EN % Y VELOCIDAD PROMEDIO
 POR DIRECCION EN M/S
 PRIMAVERA 90/91

LOCALIDAD : PARTE BAJA DEL VALLE DE ILO

DIR	PRIMAVERA 90/91		PRIMAVERA DIURNA 07-18 HORAS		PRIMAVERA NOCTURNA 18-07 HORAS	
	%	M/S	%	M/S	%	M/S
NNE	0.4	0.8	0.6	1.0	0.3	0.3
NE	1.4	1.2	1.8	1.4	1.0	0.9
ENE	0.6	0.8	0.0	---	1.0	0.8
E	0.7	0.9	0.3	0.2	1.0	1.1
ESE	1.1	1.4	0.3	1.4	2.1	1.4
SE	0.1	0.6	0.0	0.0	0.3	0.6
SSE	0.1	1.9	0.3	2.2	0.3	1.9
S	1.0	1.8	0.6	1.7	1.8	1.8
SSO	0.6	1.1	0.3	0.6	0.8	1.2
SO	1.0	1.2	0.6	1.4	1.3	1.1
OSO	8.2	1.5	10.9	1.6	5.9	1.4
O	25.6	2.2	35.5	2.6	17.2	1.5
ONO	18.9	2.9	31.5	3.3	8.2	1.6
NO	7.1	2.1	8.2	2.6	6.2	1.5
NNO	1.7	1.4	1.5	1.9	1.8	1.0
N	4.0	1.4	1.2	0.9	6.4	1.5
CALMA	27.6	0.0	7.6	0.0	44.6	0.0
VAR.	0.0	---	0.0	---	0.0	---

El periodo diurno se caracterizó por presentar velocidades promedios de 3.3 m/s provenientes del Oeste Nor Oeste, seguidas del Oeste y Nor Oeste ambas con 2.6 m/s., del Sur Sur Este con 2.2 m/s., en otras direcciones las intensidades estan por debajo de 1.9 m/s.

Las frecuencias presentan valores del 35.5 % provenientes del Oeste, le sigue la del Oeste Nor Oeste con 31.5 %, en otras direcciones las frecuencias estan por debajo del 8 %

En el periodo nocturno se registraron las siguientes condiciones :

La mayor velocidad provino del Sur Sur Este con 1.9 m/s., seguido de la del Sur con 1.8 m/s., del Oeste Nor Oeste con 1.6 m/s., del Oeste, Nor Oeste y Norte las tres con 1.5 m/s., en otras ,estan por debajo de 1.4 m/s.

En lo que se refiere a frecuencias diremos que el periodo de calmas se presentó con una regularidad del 44.6 %, siguiendole la dirección Oeste con 17.2 %, en otras direcciones las frecuencias estan por debajo del 8 %.

5.4.4.3. REGIMEN DEL VIENTO EN LA PARTE MEDIA DEL VALLE EN PRIMAVERA. -

En el cuadro N° 31 que corresponde a la parte media del Valle de Ilo se consideran algunas condiciones prevalecientes para ésta temporada :

La mayor intensidad del viento provino del Oeste con 3.1 m/s. seguido de la del Oeste Sur Oeste con 2.9 m/s., del Sur Oeste, Sur Sur Este y Este Sur Este, las tres con 2.6 m/s., en otras direcciones las intensidades estan por debajo de 2.1 m/s.

La mayor frecuencia la obtuvo la dirección Oeste Sur Oeste con 28.1 %, seguida de la del Oeste con 18.8 %, del Sur Oeste con 13.8 % y la del Este Nor Este con 10 %, en otras, las frecuencias estan por debajo del 5 %.

Con respecto al periodo diurno de la primavera diremos que la mayor velocidad provino del Oeste Sur Oeste y Oeste ambas con 3.9 m/s., le siguen pero en menor orden la del Sur Oeste con 3.5 m/s., del Este Sur Este con 3.2 m/s., del Sur Sur Este con 3.1 m/s., del Este Nor Este con 3.0 m/s. y del Este y Oeste Nor Oeste ambas con 2.9 m/s., en otras direcciones las velocidades están por debajo de 2.7 m/s.

CUADRO N° 31

FRECUENCIA DE DIRECCION DE VIENTO EN % Y VELOCIDAD PROMEDIO
 POR DIRECCION EN M/S
 PRIMAVERA 90/91

LOCALIDAD: PARTE MEDIA DEL VALLE DE ILO

DIR	PRIMAVERA 90/91		PRIMAVERA DIURNO 07-18 HORAS		PRIMAVERA NOCTURNA 18-07 HORAS	
	%	M/S	%	M/S	%	M/S
NNE	1.5	1.2	0.5	2.7	2.5	0.9
NE	6.5	1.8	2.6	2.9	9.8	1.5
ENE	10.0	1.9	3.2	3.0	15.6	1.8
E	5.5	2.1	3.2	2.9	7.4	1.8
ESE	3.3	2.6	3.7	3.2	3.0	2.0
SE	1.3	1.8	0.9	2.4	1.7	1.6
SSE	0.7	2.6	1.1	3.1	0.4	1.3
S	0.8	1.9	0.9	2.3	0.6	1.5
SSO	1.5	2.0	1.1	2.9	1.8	1.5
SO	13.8	2.6	15.5	3.5	12.3	1.6
OSO	28.1	2.9	35.7	3.9	21.7	1.6
O	18.8	3.1	26.8	3.9	12.0	1.6
ONO	3.7	2.0	2.2	2.9	5.0	1.7
NO	1.4	1.5	0.3	2.3	2.3	1.4
NNO	0.6	2.1	0.8	2.4	0.4	1.6
N	1.1	1.1	0.5	1.8	1.6	1.0
CALMA	0.4	1.7	0.2	5.2	0.6	1.7
VAR.	0.0	---	0.0	---	0.0	---

La dirección mas frecuente fue la del Oeste Sur Oeste con 35.7 % de ocurrencia, seguida de la del Oeste con 26.8 % y del Sur Oeste con 15.5 %, en otras direcciones estan por debajo del 3.7%

El periodo nocturno por otro lado presentó las siguientes condiciones :

La mayor intensidad de viento se produjo en la dirección Este Sur Este con 2.0 m/s., seguidas del Este Nor Este y Este ambas con 1.8 m/s., del Oeste Nor Oeste con 1.7 m/s y tambien del Sur Este, Sur Oeste, Oeste Sur Oeste, Oeste y Nor Nor Oeste todas con 1.6 m/s., en otras direcciones las intensidades estan por debajo de 1.5 m/s.

5.4.4.4 REGIMEN DEL VIENTO EN LA PARTE ALTA DEL VALLE EN PRIMAVERA. -

La Parte Alta del Valle de Ilo presentó algunas características las que se mencionará a continuación : Ver cuadro N° 32 .

La mayor intensidad del viento provino del Oeste Sur Oeste con 3.1 m/s., seguida de la del Oeste con 2.1 m/s., luego la del Sur Oeste con 1.9 m/s. y del Sur Sur Este con 1.8 m/s., en las otras direcciones estan por debajo de 1.5 m/s. La mayor frecuencia la obtuvo la dirección Oeste Sur Oeste con 54.3 % de ocurrencia, seguida de la del Oeste con 18 %, en las otras direcciones las frecuencias estan por debajo del 5 %.

El periodo diurno se caracterizó por presentar velocidades de 3.9 m/s. provenientes del Oeste Sur Oeste, seguidas pero en menor orden de la del Oeste con 3.1 m/s., del Sur Este y Sur Oeste ambas con 3.0 m/s., del Este con 2.1 m/s., en otras direcciones las intensidades estan por debajo de 1.7 m/s.

En lo que se refiere a frecuencias, aquí ocurre algo extraordinario ya que la dirección Oeste Sur Oeste es la que presenta una altísima ocurrencia con 74 %, seguida de la del Oeste con 18 %.

Para el periodo nocturno observamos que la mayor velocidad fue 1.8 m/s. proveniente del Sur Sur Este y Oeste Sur Oeste ambas con 1.8 m/s., le siguen las del Este Nor Este con 1.6 m/s., del Este Sur Este y Sur Este ambas con 1.5 m/s., en otras, las velocidades estan por debajo de 1.2 m/s.

CUADRO N° 32

FRECUENCIA DE DIRECCION DE VIENTO EN % Y VELOCIDAD PROMEDIO
POR DIRECCION EN M/S
PRIMAVERA 90/91

LOCALIDAD : PARTE ALTA DEL VALLE DE ILO

DIR	PRIMAVERA 90/91		PRIMAVERA DIURNA 07-18 HORAS		PRIMAVERA NOCTURNA 18-07 HORAS	
	%	M/S	%	M/S	%	M/S
NNE	0.0	---	0.0	--	0.8	0.5
NE	1.2	0.7	0.0	0.0	2.4	0.7
ENE	1.9	1.5	0.3	1.0	3.2	1.6
E	1.7	1.5	1.0	2.1	2.4	1.2
ESE	0.6	1.5	0.0	--	1.2	1.5
SE	2.5	1.5	0.9	3.0	4.7	1.5
SSE	5.0	1.8	0.6	0.9	9.4	1.8
S	3.6	1.2	0.3	1.2	6.8	1.2
SSO	2.5	1.0	0.7	1.7	4.1	0.9
SO	6.3	1.9	5.9	3.0	6.8	1.1
OSO	54.3	3.1	73.9	3.9	36.8	1.8
O	18.0	2.1	18.0	3.1	17.9	1.2
ONO	1.5	1.0	0.0	---	2.9	1.0
NO	0.5	0.9	0.3	0.8	0.6	0.9
NNO	0.5	0.6	0.0	---	0.9	0.6
N	0.0	---	0.0	---	0.8	0.9
CALMA	0.0	0.0	0.0	0.0	12.3	0.0
VAR.	0.0	---	0.0	---	0.0	---

La dirección mas frecuente es la del Oeste Sur Oeste con 36.8 % de ocurrencia, seguida de la del Oeste con 17.9 %, el periodo de calmas presenta una frecuencia del 12.3 %, en otras direcciones las frecuencias estan por debajo del 9 %.

5.5 ANALISIS DEL REGIMEN DE VIENTO ANUAL

En las Figuras 38a al 38h se presentan en Rosas de Viento las frecuencias de dirección y velocidades respectivas del viento en forma anual para el total diario (24 horas), correspondientes a las cuatro localidades evaluadas. Las distribuciones estacionales de las frecuencias del viento son muy similares a la distribución anual, tanto en el período diurno como en el nocturno; no ocurriendo lo mismo con la distribución diaria de las frecuencias del viento, notándose diferencias significativas entre los vientos que ocurren en el período diurno con el correspondiente al período nocturno.

En este capítulo se hará un análisis del régimen de viento promedio de los años dic/1990 - nov/1991 a lo largo del Valle, y para el Puerto de Ilo que a continuación se dará una explicación detallada de lo ocurrido.

5.5.1. REGIMEN ANUAL DEL VIENTO EN PUERTO DE ILO.-

En el cuadro N° 33 se puede apreciar que las mayores intensidades de viento provienen del Sur Este y Sur Sur

Este ambas con 3.5 m/s., luego la del Sur con 3.4 m/s., posteriormente la del Sur Sur Oeste con 2.8 m/s., del Oeste con 2.4 m/s., del Este con 2.1 m/s., del Oeste Sur Oeste con 2.0 m/s., del Sur Oeste con 1.8 m/s., Este Sur Este y Nor Oeste ambos con 1.7 m/s y Oeste Nor Oeste con 1.6 m/s., en otras direcciones las intensidades estan por debajo de 1.5 m/s.

En lo que se refiere a frecuencias diremos que la dirección con mayor ocurrencia ha provenido del Sur Sur Este con 28.6 % luego la del Sur Este con 14.1 %, le sigue la del Sur con 11.1 %, en las otras direcciones los porcentajes de ocurrencia están por debajo del 5 %.

Se debe tener en cuenta que el periodo de calmas se ha presentado con un 17.2 %.

CUADRO N°33

FRECUENCIA POR DIRECCIONES Y VELOCIDAD PROMEDIO DE VIENTO

LOCALIDAD : PUERTO ILO

PERIODO 1990 - 91

DIRECCION	FRECUENCIA (%)	VELOCIDAD (m/s)
NNE	1,08	1,1
NE	0,39	1,0
ENE	0,41	1,5
E	2,54	2,1
ESE	1,93	1,7
SE	14,11	3,5
SSE	28,64	3,5
S	11,13	3,4
SSO	3,55	2,8
SO	1,36	1,8
OSO	2,83	2,0
O	4,19	2,4
ONO	5,01	1,6
NO	3,06	1,7
NNO	2,47	1,4
N	0,08	1,1
CALM	17,22	0,0

5.5.2. REGIMEN ANUAL DEL VIENTO EN LA PARTE BAJA DEL VALLE

En el cuadro N° 34 se observa que la mayor intensidad de viento proviene del Oeste Nor Oeste con 2.8 m/s, siguiéndole la del Oeste con 2.7 m/s., del Nor Oeste con 2.0 m/s., del Oeste Sur Oeste con 1.9 m/s., en las otras direcciones las intensidades están por debajo de 1.5 m/s.

La dirección que ha tenido mayor ocurrencia a sido la del Oeste con 23 % de frecuencia, le siguen, pero en menor escala la del Oeste Sur Oeste y Oeste Nor Oeste ambos con 13 %, en las otras direcciones las frecuencias están por debajo del 4 %.

En ésta parte tenemos un periodo de calmas del 32.8 % de ocurrencia.

5.5.3. REGIMEN ANUAL DEL VIENTO EN LA PARTE MEDIA DEL VALLE

En el cuadro N° 35 apreciamos que la mayor velocidad del viento proviene del Oeste Sur Oeste con 3.0 m/s., le sigue la del Sur Oeste con 2.7 m/s., seguidamente la del Este Sur Este con 2.3 m/s., del Este, Sur Sur Este, Sur Sur Oeste y Oeste todos con 2.1 m/s., del Oeste Nor Oeste y Este Nor Este ambos con 2.0 m/s.

En las otras direcciones las velocidades están por debajo de 1.7 m/s.

Con respecto a las frecuencias diremos lo siguiente: la dirección Oeste es la que se ha presentado con mayor regularidad con un valor de 27 % de ocurrencia, por debajo le siguen la del Oeste Sur Oeste con 22.4 % y del Este Nor Este con 10.8 %, en las otras direcciones las frecuencias están por debajo del 8 %.

El periodo de calmas es prácticamente nulo, o mejor dicho casi no se presenta.

5.5.4. REGIMEN ANUAL EN LA PARTE ALTA DEL VALLE .-

En el cuadro N° 36 apreciamos que la mayor velocidad del viento proviene del Oeste Sur Oeste con 3.0 m/s., le sigue la del Sur Oeste con 2.2 m/s., del Oeste con 2.0 m/s., del Sur Este, Este Nor Este, Sur Sur Este con 1.7 m/s, 1.6 m/s. y 1.5 m/s. respectivamente, en las otras direcciones las intensidades están por debajo de 1.0 m/s.

La dirección Oeste Sur Oeste tiene una frecuencia del 57.2 % de ocurrencia, siguiéndole la del Oeste con 12.5 %, en las

CUADRO N° 34

FRECUENCIA POR DIRECCIONES Y VELOCIDAD PROMEDIO DE VIENTO

LOCALIDAD : PARTE BAJA DEL VALLE DE ILO

PERIODO 1990 - 91

DIRECCION	FRECUENCIA (%)	VELOCIDAD (m/s)
NNE	0,45	1,2
NE	1,44	0,8
ENE	0,63	1,0
E	1,10	1,2
ESE	0,79	1,0
SE	0,81	1,0
SSE	1,03	1,4
S	1,21	1,5
SSO	1,37	1,4
SO	4,06	1,4
OSO	13,36	1,9
O	23,01	2,7
ONO	13,11	2,8
NO	3,146	2,0
NNO	0,79	1,3
N	0,92	1,4
CALM	32,78	0,0

CUADRO N° 35

FRECUENCIA POR DIRECCIONES Y VELOCIDAD PROMEDIO DE VIENTO

LOCALIDAD : PARTE MEDIA DEL VALLE DE ILO

PERIODO 1990 - 91

DIRECCION	FRECUENCIA (%)	VELOCIDAD (m/s)
NNE	1,57	1,3
NE	6,22	1,7
ENE	10,87	2,0
E	6,14	2,1
ESE	2,48	2,3
SE	1,24	1,9
SSE	0,77	2,1
S	0,52	1,9
SSO	1,30	2,1
SO	8,21	2,7
OSO	22,43	3,0
O	27,10	2,1
ONO	6,39	2,0
NO	2,83	1,7
NNO	0,94	1,3
N	0,74	1,2
CALM	0,18	0,0

CUADRO N° 36

FRECUENCIA POR DIRECCIONES Y VELOCIDAD PROMEDIO DE VIENTO

LOCALIDAD : PARTE ALTA DEL VALLE DE ILO

PERIODO 1990 - 91

DIRECCION	FRECUENCIA (%)	VELOCIDAD (m/s)
NNE	0,21	0,8
NE	0,69	0,9
ENE	2,61	1,6
E	4,10	1,1
ESE	1,81	1,2
SE	2,13	1,7
SSE	2,88	1,5
S	2,18	1,1
SSO	2,45	1,0
SO	5,80	2,2
OSO	57,24	3,0
O	12,51	2,0
ONO	1,60	1,0
NO	0,59	0,8
NNO	0,27	0,6
N	0,21	1,0
CALM	2,72	0,0

otras direcciones las frecuencias estan por debajo del 5 % de ocurrencia.

Cabe resaltar que el periodo de calmas no ha tenido

mucha significancia en ésta parte debido a su bajo porcentaje de ocurrencia que fue del 2.7 %.

Para una mejor ilustración de lo anteriormente explicado se tienen las figuras N°s. 18, 19, 20 y 21.

5.6. DISTRIBUCION VERTICAL DE LA TEMPERATURA

5.6.1. SITUACION DE LA INVERSION TERMICA EN LA JOYA

Al analizar las mediciones aerológicas efectuadas en La Joya, ubicada a 20 Km. al Norte del Puerto de Ilo, se encuentra que, durante la época de invierno (Junio), la ocurrencia de Inversión térmica es permanente, caracterizándose esta inversión por formarse una capa de nubes bajas (estratos) debajo de su base. La ocurrencia y permanencia de la Inversión Térmica se debe a la presencia del Anticiclón del Pacífico Sur que origina esta inversión térmica por subsidencia. (ver figuras 21 al 28).

Los resultados para el total de años evaluados en la localidad de la Joya muestran lo siguiente:

El nivel de la base de Inversión como promedio anual se encuentra con mayor frecuencia entre las alturas de 200 a 400 metros (alrededor del 30%) y de 1000 a 1600 (alrededor del 15%), esto se debe a la diferencia de altura de base de inversión en verano e invierno.

La altura de la base de inversión térmica se encuentra en invierno con mayor frecuencia entre los 200-400 metros (alrededor del 65%) y en el verano entre 1000-1600 metros (alrededor del 20%).

La intensidad de inversión térmica registrada en verano varía entre 0.5 °C a 3.5 °C lo que significa que la temperatura en el tope es más alta que la base en 3.5 °C. En invierno la intensidad de inversión se incrementa, variando de 2.0°C a 8.0°C.

5.6.2. SITUACION DE LA INVERSION TERMICA EN ANTOFAGASTA

Se ha analizado las mediciones aerológicas de Antofagasta, ubicado a 200 Km. al Sur de Puerto de ILO, calculándose la frecuencia anual de la altura de la base de

Inversión térmica para un período de 7 años, pudiendo observarse que la altura de mayor frecuencia es de 700 a 900 metros (25%), 900 a 1100 metros (15%) y de 1100 a 1300 metros (20%), en general de 700-1300 metros (alrededor de 60%), lo que significa que la altura de la base de inversión en general son en mayor frecuencia mayores a 700m.

Estacionalmente en meses de verano se tiene una mayor frecuencia 700-1000 (30%) y 1000-1400 (25%), las cuales son menores para estaciones intermedias inclusive en porcentaje, mientras que para invierno la frecuencia de alturas es mayor entre 700-1000 (50%) lo que quiere decir que en el invierno existe permanentemente la inversión térmica y en mayor porcentaje entre las alturas mencionadas. En invierno la Inversión térmica se distribuye para diferentes alturas mientras que para el verano predominan y en porcentajes mayores para alturas menores.

En promedio la altura de la base de la inversión térmica para los meses de verano (Febrero) es de 1116.61 m. variando de 800 a 1100 m, es decir existe mayor variabilidad de la altura de la base de inversión en verano que en invierno.

Respecto a los espesores de la capa de Inversión térmica, para los meses de verano (Febrero), vemos que varían entre los 300-850 m, mientras que para los meses de invierno (Julio) varían de 250 - 650m., lo que significa que a pesar que la altura de la base de la inversión esta alta o baja el espesor es casi el mismo (ver figuras 29 al 32).

5.6.2 SITUACION DE LA INVERSION TERMICA EN ILO

a) Primera campaña - Mayo 1991

Durante las mediciones efectuadas en esta campaña en la localidad de Ilo se registró temperatura a cerca a superficie al mediodia alrededor de 25 °C alcanzando su valor mínimo a las 03 horas con temperaturas aproximadamente de 17.8°C. Estos valores se hallan graficados en la **figura 33** .

Con referencia los vientos se observa que los flujos son del **SSE**.

Se observó también que la intensidad del viento disminuye hacia las horas de la noche , registrándose inclusive calmas continuas.

En la **figuras 34 al 71** se muestran los perfiles verticales de temperatura a diferentes horas; es estos gráficos

se puede apreciar por ejemplo que el día 03 de mayo a las 07 horas la temperatura disminuyó $0,9^{\circ}\text{C}$ cada 100 m hasta llegar a los 940 metros y a partir de ese nivel la temperatura se incrementó hasta en 9.7°C en un espesor de 800 metros. Vale anotar que la capa más estable se ubica desde los 940 metros que es la base de la inversión y los 1320 metros es decir en un espesor de 380 metros ocurre un incremento térmico de 8.7°C . Asimismo notese que a 1740 metros sobre el Puerto de Ilo se registran temperaturas más altas que las que se tiene en superficie.

En la **figura 72** se presenta la distribución temporal de la altura de la base y tope de inversión térmica para la primera campaña en mayo 1991. en esta figura puede apreciarse que la presencia de Inversión Térmica en la atmósfera de Ilo es permanente, es decir no se destruye al mediodía. La altura de la base de inversión es casi invariable y ocurre generalmente alrededor de los 1000 metros, no observándose una variación diurna. En cuanto al tope de la Inversión Térmica varía alrededor de 1200 a 1700 metros.

En cuanto a la intensidad de inversión térmica es bastante alta variando de 07 a 11.5°C . Estos valores son muy altos si se compara con los de Antofagasta y La Joya (**figura 73**).

Es importante anotar que las temperaturas en la base de inversión es casi constante alrededor de 10 a 12°C (**figura 74**). La capa de inversión térmica presenta un espesor que varía entre 300 a 700 metros (ver **figura 75**)

b) Segunda Campaña - Setiembre 1991

Durante las mediciones efectuadas en esta campaña, en la localidad de Ilo se registró temperaturas cerca a superficie al mediodía alrededor de 25°C alcanzando su valor mínimo a las 06 horas con temperaturas aproximadamente de 16.2°C . Estos valores se hallan graficados en la **figura 76**.

Con referencia los vientos se observa que los flujos son del SSE.

Se observó también que la intensidad del viento disminuye hacia las horas de la noche, registrándose inclusive calmas continuas.

En la **figuras 77 al 115** se muestran los perfiles verticales de temperatura a diferentes horas; es estos gráficos se puede apreciar que el comportamiento de la distribución vertical de temperatura es casi similar a lo descrito para Mayo 1991.

En la **figura 116** se presenta la distribución temporal de la altura de la base y tope de inversión térmica para la Segunda campaña en Setiembre 1991. En esta figura puede apreciarse que la presencia de Inversión Térmica en la atmósfera de Ilo también es permanente, es decir no se destruye al mediodía. La altura de la base de inversión ocurre generalmente entre 600 a 1200 metros, no observándose un ciclo diurno, tal vez por el poco periodo de toma de datos. En cuanto al tope de la Inversión Térmica varía alrededor de 1200 a 2000 metros. La capa de inversión térmica presenta un espesor que varía entre 300 a 700 metros (ver **figura 117**).

En cuanto a la intensidad de inversión térmica es bastante alta variando de 11 a 14.5 °C. Estos valores triplican los valores respectivos de Antofagasta y La Joya (ver **figura 118**).

En la **figura 119** se presenta la temperatura en la base de la Inversión Térmica cuyos valores fluctúan alrededor de los 10 °C.

En la **figura 120** puede apreciarse el comportamiento diurno de base y tope de la inversión en las mediciones aerológicas efectuadas en el valle de Ilo, notándose que la base ocurre a los 700 metros y el tope de 1300 a 2000 metros. El espesor se incrementa en horas vespertinas. En cuanto a la intensidad presenta los valores más altos que los registrados en el Puerto alrededor de 10 a 15 °C.

Es importante anotar que en la atmósfera de valle de Ilo las temperaturas en el tope de la inversión casi llegan a los 25 °C.

5.7 CAPA DE MEZCLA. Índices de Ventilación.-

El estudio de la capa de mezcla, implica conocer el grado de concentración de aerosoles y componentes atmosféricos que de una u otra forma condicionan variaciones ambientales como es el caso de la Contaminación Ambiental, que puede ser originada por emisión y condiciones de dispersión de la atmósfera.

Las alturas de la capa de mezcla se han calculado a partir de los sondeos aerológicos a las 07 hora local, correspondientes a la localidad de Ilo, realizados en los meses de Mayo 1991 y Setiembre 1991. Se ha tomado como viento transporte el correspondiente viento promedio mensual en superficie obtenido del **Cuadro No. 33**, por lo tanto, los índices de ventilación que se presentan en el **Cuadro No. 37** están subestimados, lo que optimiza el análisis al momento de la comparación con índices de otros lugares. Los índices muestran

una ventilación matutina y vespertina casi similar con valores que casi la mayoría no superan los 3000 m/s, siendo estos valores regularmente altos en la mañana y regularmente pobres en las tardes lo que significa que la atmósfera de la zona de Ilo presenta capacidad de dilución en el día.

A manera de referencia se compara con los índices de ventilación obtenidos por NECCO (1977/78) para el Aeropuerto del Callao, y por RUTLLANT (1973) para la ciudad de Santiago, cuyos valores son casi similares a los obtenidos para la zona en estudio. Por otra parte, comparando las alturas de capa de mezcla matutinas y vespertinas obtenidas por CULQUI (1987) para la localidad de Pucará (La Oroya) con las correspondientes a la zona de estudio, resaltan los valores vespertinos de Pucará que son bastante altos, indicando una alta dispersión en horas de la tarde, lo que no sucede con el puerto de Ilo que su dispersión medianamente pobre. Lo contrario sucede en las mañanas, ya que en Pucará casi no hay capacidad de dilución, mientras que en la atmósfera del Puerto de Ilo a pesar que su capacidad es medianamente baja, ésta es mucho mayor que la capacidad matutina de dilución en Pucará.

Cuadro No.37.-

Alturas de capa de mezcla e índices de ventilación en la localidad de Ilo.

Fecha	Altura de capa de mezcla (m)		Velocidad media mensual m/s	Índice de Ventilación (m ² /s)	
	Matut.	Vespert.		Matut.	Vespert.
03/05/91	1100	1200	2.6	2860	3120
04/05/91	1030	1080	2.6	2678	2808
05/05/91	920	960	2.6	2470	2496
06/05/91	1120	1180	2.6	2925	2950
08/09/91	1200	1280	2.4	2880	3072
09/09/91	945	955	2.4	2268	2292
10/09/91	1020	1045	2.4	2448	2508
11/09/91	810	900	2.4	1944	2160

Con respecto a los índices de ventilación matutinos, sus valores indican una atmósfera con regular ventilación que en promedio no supera a 2860 m/s; Sin embargo en horas de calma se puede llegar a valores de pobre ventilación alrededor de 1000 m²/s. De ahí que en las primeras horas de la mañana en algunos casos se perciba altas concentraciones de SO₂ y estas concentraciones continúan durante todo el día por que los valores vespertinos de índices de ventilación son regularmente pobres.

VI. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos se llega a las siguientes conclusiones para la zona del valle y Puerto de Ilo :

- 1.- En general, en el Puerto de Ilo los vientos soplan del SSE y Sur con velocidades de 3.5 m/s en promedio. Esporádicos cambios de circulación diaria (del día o la noche) se presentan en esta localidad. Las brisas de tierra ocurren aunque con muy poca frecuencia. Los cambios de circulación diaria no ocurren debido a la constancia de los vientos alisios del Sur Este. Las calmas son frecuentes en el periodo nocturno y pueden ocurrir entre las 23 y 07 horas.
- 2.- En general, en la Parte Baja del Valle de Ilo los vientos soplan del OSO, O y ONO con velocidades de 1.9 m/s, 2.7 m/s y 2,8 m/s en promedio. Durante la noche las calmas son bastante frecuentes, en el día son esporádicas.
- 3.- En general, en la Parte Media del Valle de Ilo los vientos soplan del OSO y O con velocidades de 3.0 m/s y 2,1 m/s en promedio. Cambios de circulación diaria (vientos de ENE) con regular frecuencia se presentan en esta localidad en las noches. Las calmas son esporádicas.
- 4.- En general, en la Parte Alta del Valle de Ilo los vientos soplan del OSO y O con velocidades de 3.0 m/s y 2,0 m/s en promedio. Cambios de circulación diaria (vientos de ENE y E) con regular frecuencia ocurren en esta localidad en las noches. Las calmas son esporádicas.
- 5.- Las distribuciones estacionales de las frecuencias del viento son casi similares a la distribución anual.
- 6.- Las velocidades promedio anual fluctúan entre 2.5 m/s y 3.1 m/s. ocurriendo las máximas entre las 13 y 17 horas y las mínimas entre las 03 y 07 horas.
- 7.- Las calmas se presentan con una frecuencia anual del 1% y 32%, siendo mayor su ocurrencia en los meses de verano y en las localidades de Puerto Ilo y parte baja del valle de Ilo. En general, su persistencia es menor que 8 horas consecutivas en el 95% del total de casos evaluados.
- 8.- Las inversiones térmicas son por subsidencia y presentan el mismo comportamiento característico estacional y diurno. Estas inversiones son permanentes, cuya base fluctúa alrededor de los 900 a 1000 metros y cuyo espesor es 1200 a 2000 metros. La intensidad de la inversión es bastante alta alrededor de los 10 a 12 ° C.

- 9.- Los índices de ventilación vespertinos son valores intermedios, del orden de 2600 m³/s, indicando una regular dispersión en la zona durante la mañana y una pobre dispersión en horas vespertinas y por ende una mayor concentración.
- 10.- En casos de fumigación, o de vientos contrarios al SE en el puerto de ILO, la concentración de gases puede permanecer por días debido a la pobre ventilación vespertina relativa.

De las conclusiones anteriores se infiere que dentro de la capa límite de la zona de Ilo, la dispersión es muy lenta presentando una alta contaminación potencial mucho mayor que en otros lugares del Perú. Asimismo se presenta una alta estabilidad en la zona desde superficie que aunado a los vientos que son débiles a moderados indican una pobre ventilación durante el día.

VI. RECOMENDACIONES

- 1) Instalar en la zona del valle de ILO y en el Puerto una red permanente de mediciones, principalmente de anhídrido sulfuroso SO_2 , con el fin de obtener una estadística de la concentración básica real en las diferentes localidades, para su posterior control de los niveles permisibles.
- 2) Orientar la instalación de las estaciones de medición de SO_2 , preferentemente a lo largo del Valle del ILO en la parte baja, media y alta de dicho valle (Puntos donde fueron instalados los anemógrafos) y hacia el Sur del lugar de ubicación de la fundición de ILO (lugares cercanos a la costanera en el puerto de Ilo).
- 3) Instalar una estación meteorológica de propósitos específicos en el Puerto de Ilo .
- 4) Instalar una red de por lo menos tres anemógrafos para mediciones continuas en la Parte Alta, Media y Baja del valle de ILO
- 5) Efectuar un control permanente y simultáneo de las condiciones meteorológicas y nivel de contaminación, con el fin de regular el funcionamiento de la fundición y de confeccionar modelos de pronóstico de contaminación.
- 6) Evaluar horariamente y en forma permanente la dirección y velocidad del viento en el Puerto de Ilo.
- 7) Continuar efectuando campañas de mediciones de viento en los alrededores de la ciudad de Ilo, con el fin de evaluar el transporte de los humos procedentes de la fundición.
- 8) Continuar efectuando mediciones aerológicas en El puerto de ILO y Valle, tanto en verano como en invierno con el fin de ajustar los valores obtenidos en el presente estudio.
- 9) Disminuir en lo posible las emisiones, especialmente en las primeras horas de la mañana, y en Verano ya sea limitando el funcionamiento en la fundición o instalando filtros en la chimenea.

VIII.- BIBLIOGRAFIA

01. COMISION DE ALTO NIVEL DE LOS VALLES DE ILO Y TAMBO (1976) : "Informe sobre los Efectos de los Humos de la Fundición Metalúrgica de Ilo de la SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION en la Agricultura del Valle del Tambo." Ley No. 16583. Lima Perú.
02. CULQUI, E. (1987): Estudio de la Contaminación Potencial del Aire en la Zona de Morococha y La Oroya. UNA. Lima- Perú
03. DEFANT, F. (1949): Arch. Meteorology., Al. 421. Citado por SUTTON (1953) y GEIGER (1961).
04. GASTAÑAGA, A. (1974): Administración del Recurso Aire en el Perú. Salud Ocupacional. Rev. No.1 - 4. Vol. XIX. Lima - Perú.
05. GIFFORD, F.A. (1960) : Atmospheric Dispersion Calculations Using the Generalized Gaussian Plume Model. Nuclear Safety, Vol 2, Nos. 56 - 59.
06. HOLZWORTH, G.C. (1967) : Mixing Depths, Wind Speeds, and Air Pollution Potential for Selected Localities in the United States. Journal Applied Meteorology, 6, p. 1039.
07. HOLZWORTH, G.C. (1974) : Climatological Aspects of the Composition and Pollution of the Atmosphere. OMM NT No. 139. Ginebra - Suiza. 43 pp.
08. MC CALDIN, R.O. y SHOLTES, R.S. (1970): Mixing Heith Determinations by Means of an Instrumented Aircraft. Paper No. NE 396. Second International Clean Air Congress. Washington, D. C.
09. MC CORMICK, R. A. (1962) : "AIR POLLUTION - SOME METEOROLOGICAL ASPECTS. WEATHERWISE, Vol 15 No. 6 de Diciembre. pp. 229 - 237.
10. MUKAMMAL, E.I. (1968) : Air Pollutants, Meteorology and Plant Injury. WMO No.234. NT No.96, TP 127. pp.7-8.52.---
MUNN, R.E. (1966): Descriptive Micrometeorology. Academic Press. New York and London.
11. ORGANIZACION METEOROLOGICA MUNDIAL (OMM) (1984): Aspectos Meteorológicos de la Utilización del Viento como Fuente de Energía. NT 175. Ginebra.
12. PASQUILL, F. (1962) : Atmospheric Diffusion. Ed. VAN

NOSTRAND COMPANY LTD. Londres.

13. PEIRSON, D.H. y CAMBRAY, P.S. (1965) : Fission Product Fall-Out from the Nuclear Explosions of 1961 and 1962. Nature, 205. pp. 433 - 440.
14. PRIESTLEY, C. et-al (1958) : Turbulent Diffusion in the Atmosphere. OMM NT 24.
15. SCIAN, B. y QUINTEROS, S. (1975-76): Capa de Mezcla en la Ciudad de Buenos Aires. Meteorológica. Vol. VI-VII.
16. SHARRER, H. y CULQUI, E. (1977): Informe sobre el Estudio Meteorológico del Area Proyectada para la Instalación de la Refinería de Zinc en Cajamarquilla. SENAMHI Lima - Perú.
17. SUTTON, O.G. (1953): Micrometeorology. New York. Toronto. London. Mc Graw Hill Book Company.
18. THOMAS, M.D. y HENDRICKS, R.H. (1956) : Effect of Air Pollution on Plants. Air Pollution Handbook. Chapter 9. Mc Graw Hill Book Co. New York.
19. UTAAKER, K. (1971): Physics of Local and Microclimate. OMM No. 226 TP 120. TN 91. pp. 53 - 69.
20. VALDIVIA, P.J. (1977) : Meteorología General, Universidad Nacional de San Marcos. Lima - Perú.
21. VOGT, K.J. (1974) : Citado por la OIEA 1980.
22. WADLEIGH, C.H. and Dyal, R. S. (1970) : Soils and Pollution. ASA, Agronomy and Health. pp. 9 - 19.
23. WANTA, H.C. (1968) : Meteorology and Air Pollution. En Air Pollution de STEPH 2nd. Edition. Vol. III.

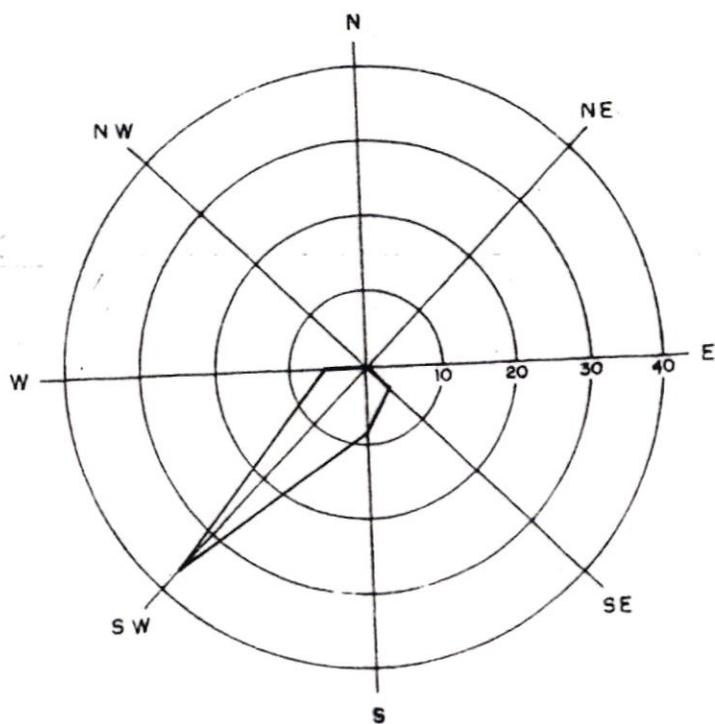
Fig. 1

DIRECCION Y VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO

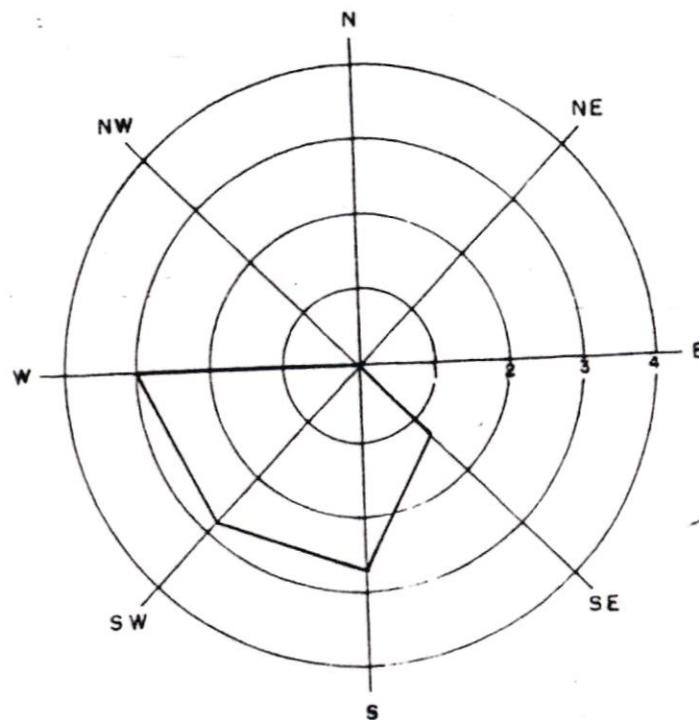
VALLE DE ILO
PARTE BAJA

SEMANA DEL 11 AL 17 MARZO 1991
1er PERIODO

FRECUENCIA (%)



VELOCIDAD MEDIA (m/s)



CALMA

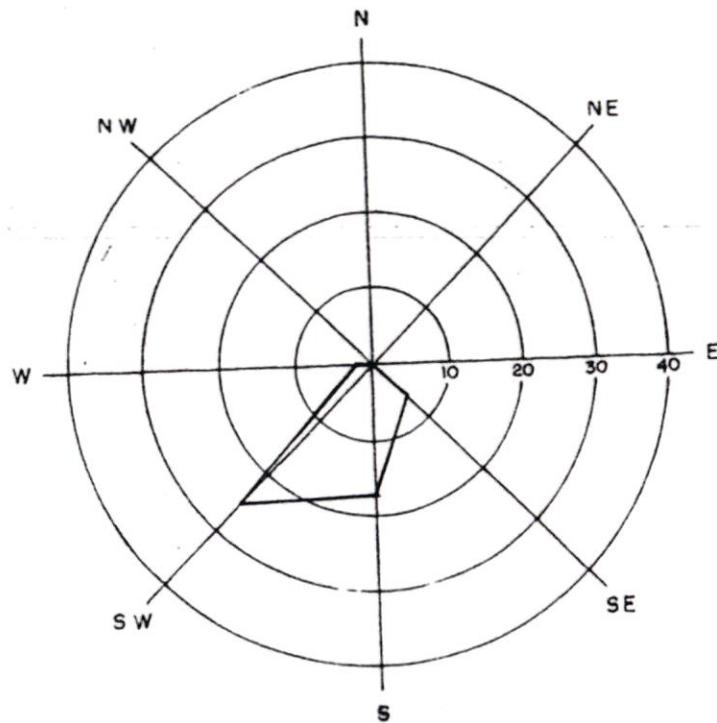
Fig. 2

DIRECCION Y VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO

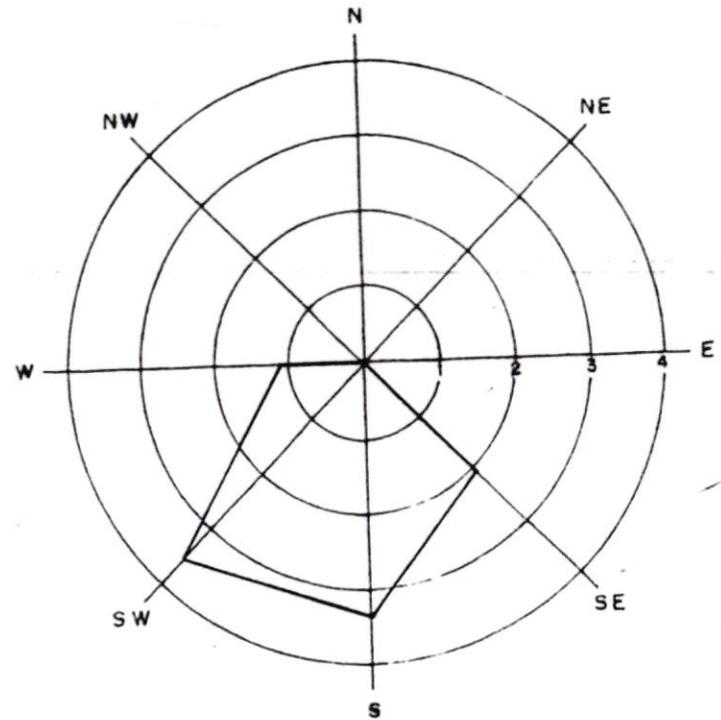
VALLE DE ILO
PARTE MEDIA

SEMANA DEL 18 AL 24 MARZO 1991
1er PERIODO

FRECUENCIA (%)



VELOCIDAD MEDIA (m/s)



CALMA

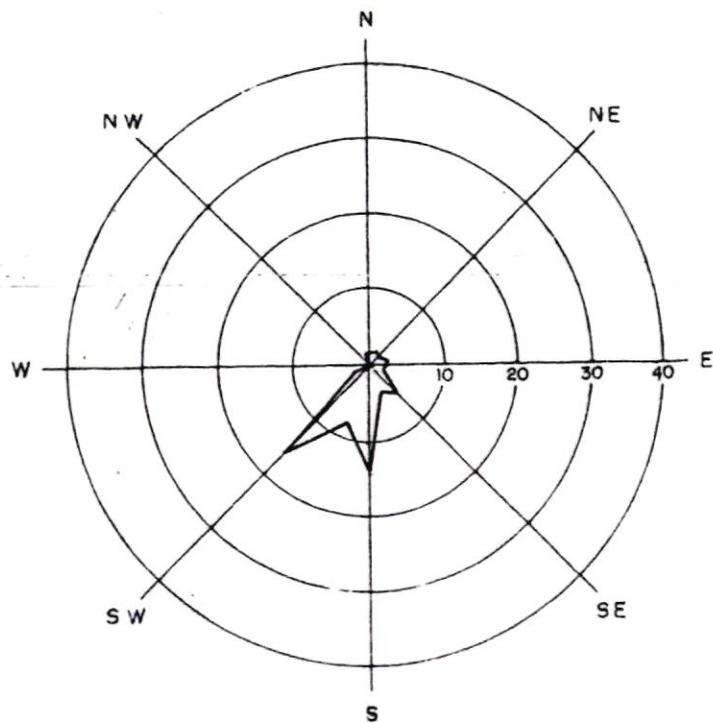
Fig. 3

DIRECCION Y VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO

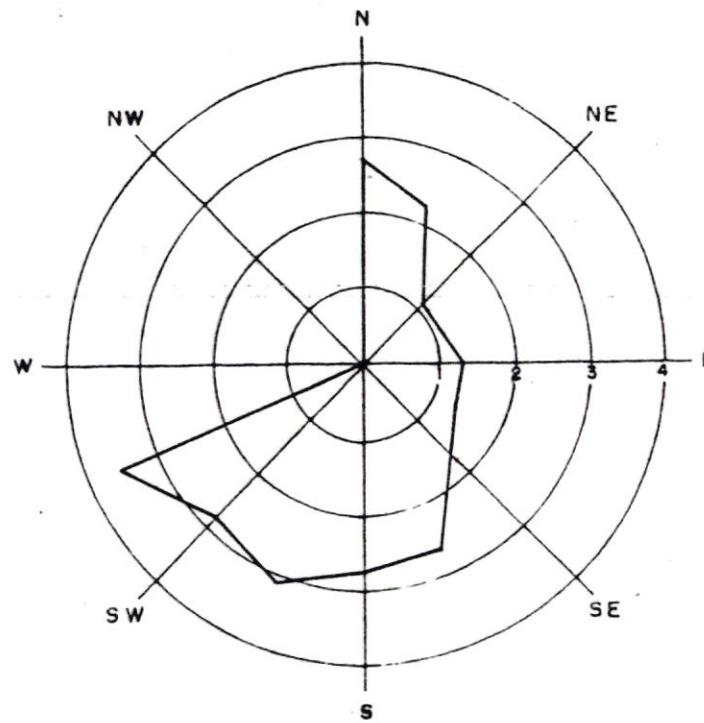
VALLE DE ILO
PARTE BAJA

SEMANA DEL 18 AL 23 AGOSTO 1991
2do PERIODO

FRECUENCIA (%)



VELOCIDAD MEDIA (m/s)



CALMA 10.3 %

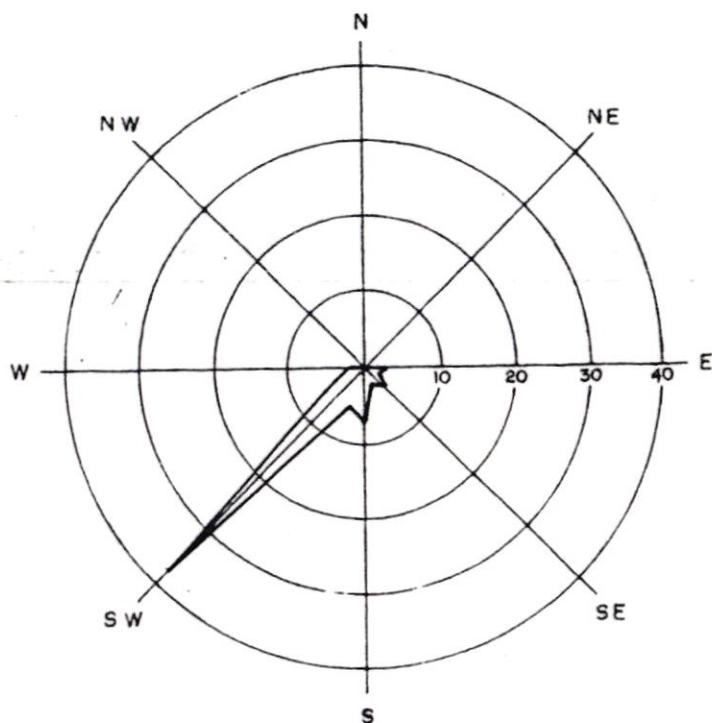
Fig. 4

DIRECCION Y VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO

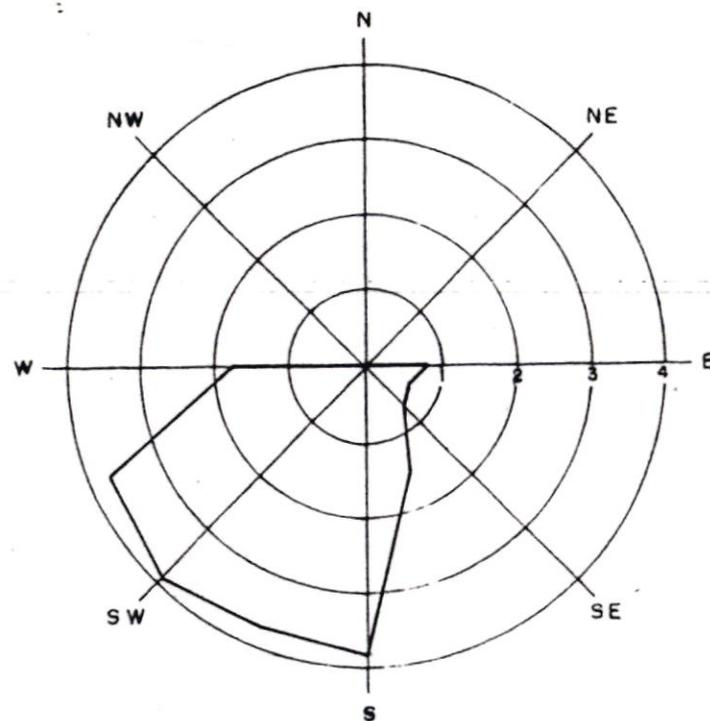
VALLE DE ILO
PARTE MEDIA

SEMANA DEL 24 AL 29 AGOSTO 1991
2do PERIODO

FRECUENCIA (%)



VELOCIDAD MEDIA (m/s)



CALMA

Fig. 5

FRECUENCIA HORARIA DE LA DIRECCION DEL VIENTO

VALLE DE ILO PARTE BAJA - 1° PERIODO

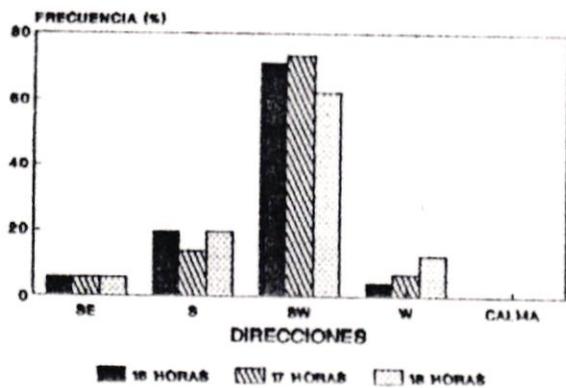
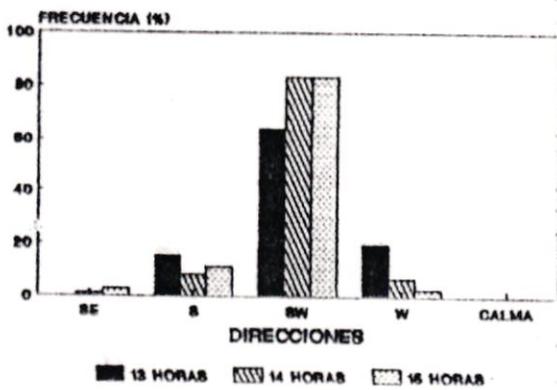
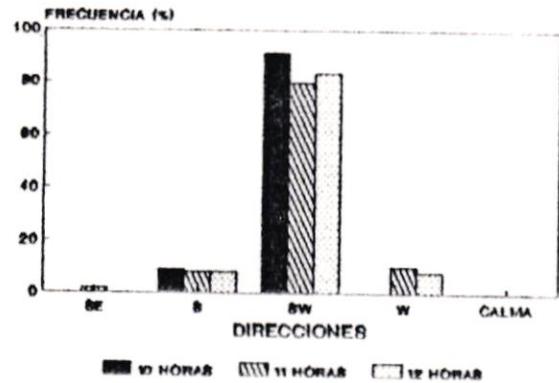
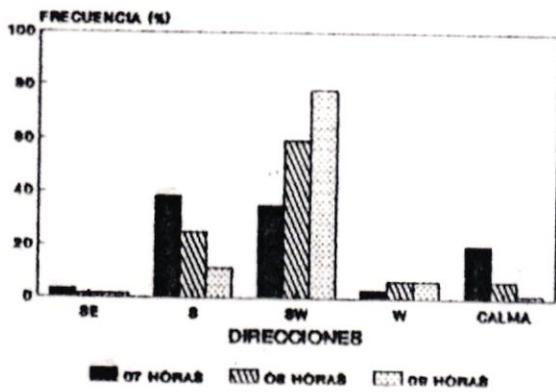
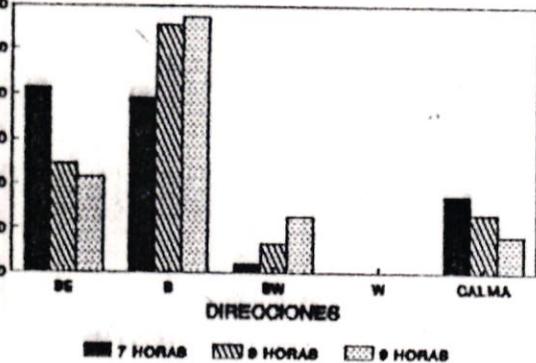


Fig. 6

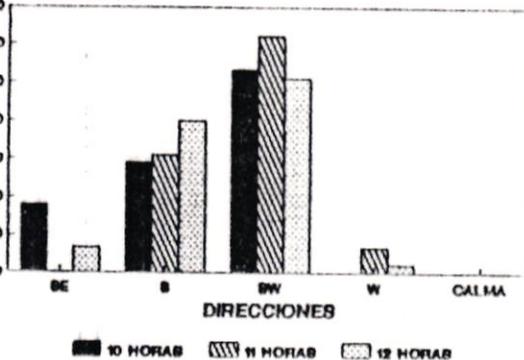
FRECUENCIA HORARIA DE LA DIRECCION DEL VIENTO

VALLE DE ILO PARTE MEDIA - 1° PERIODO

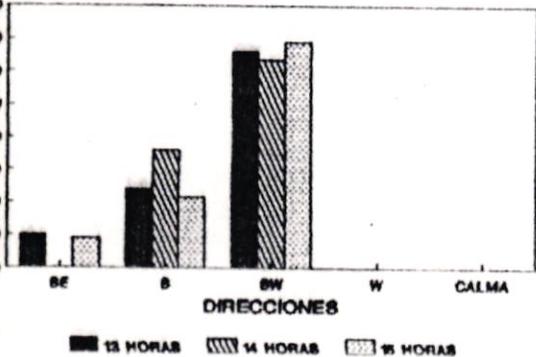
FRECUENCIA (%)



FRECUENCIA (%)



FRECUENCIA (%)



FRECUENCIA (%)

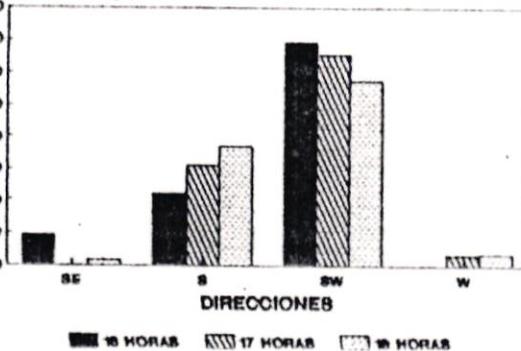


Fig. 7

FRECUENCIA HORARIA DE LA DIRECCION DEL VIENTO

VALLE DE ILO PARTE BAJA - 2° PERIODO

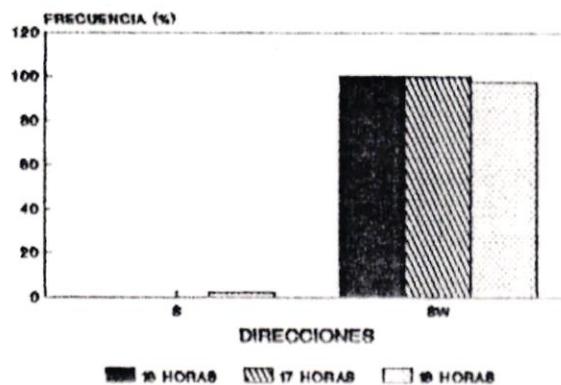
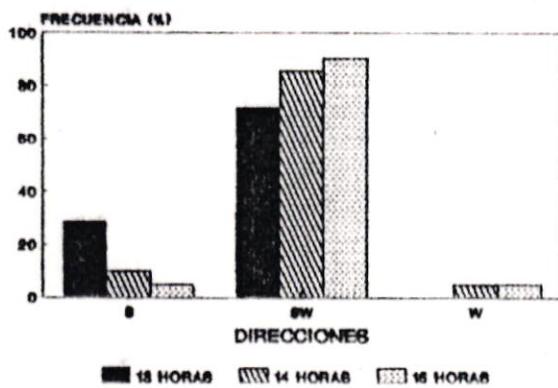
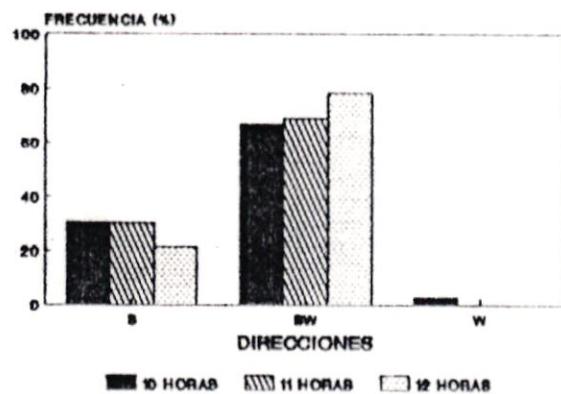
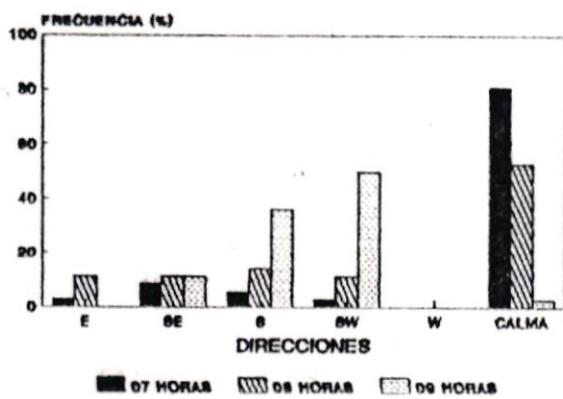


Fig 8

FRECUENCIA HORARIA DE LA DIRECCION DEL VIENTO

VALLE DE ILO PARTE MEDIA - 2° PERIODO

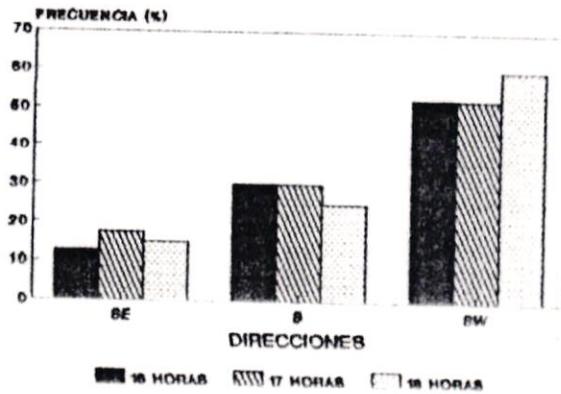
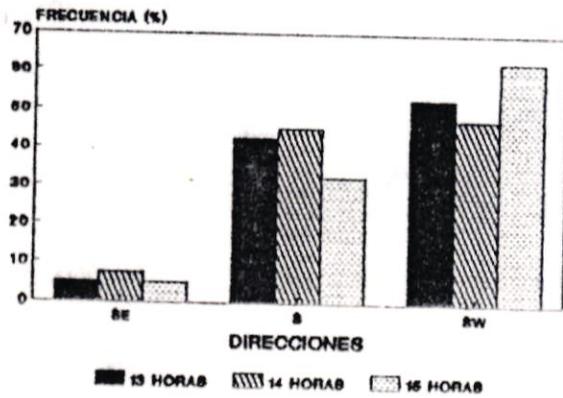
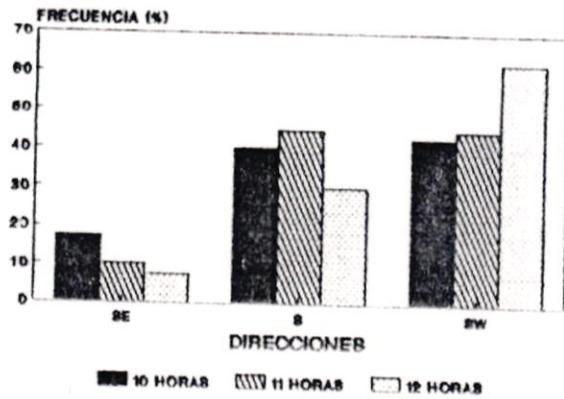
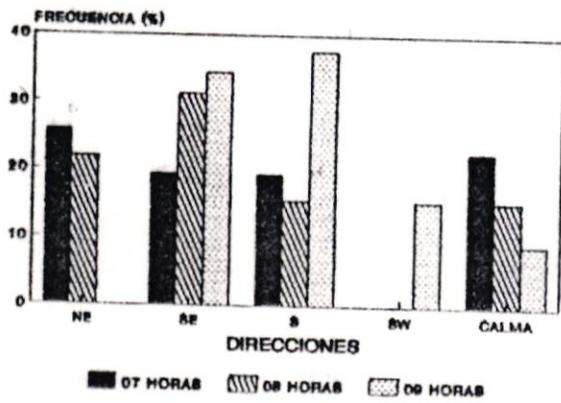
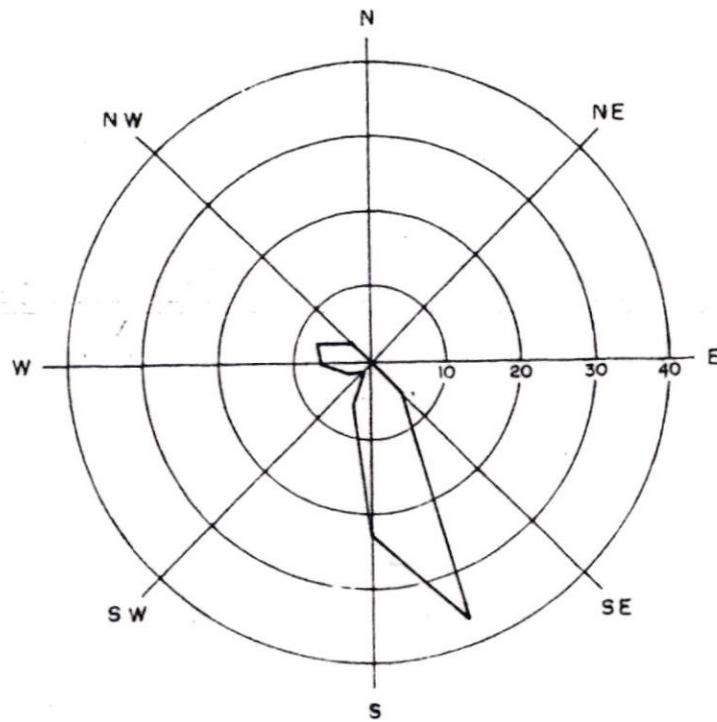


Fig. 9

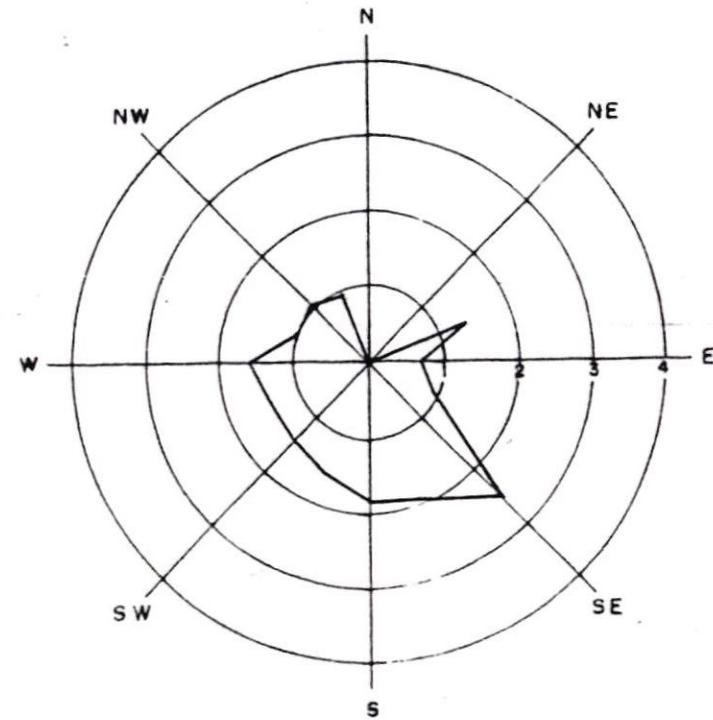
DIRECCION Y VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO

PUERTO DE ILO
PERIODO DIURNO 1990 - 91

FRECUENCIA (%)



VELOCIDAD MEDIA (m/s)



CALMA 6.7 %

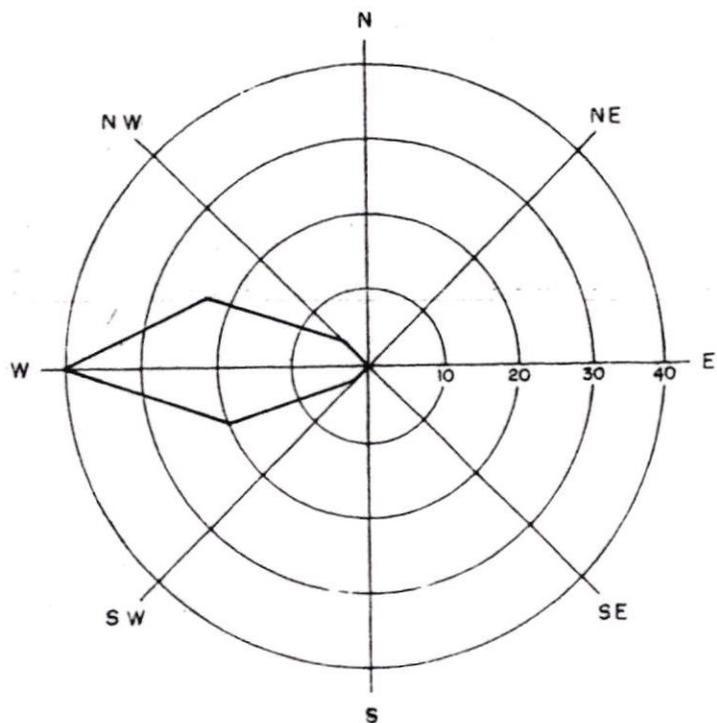
Fig. 10

DIRECCION Y VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO

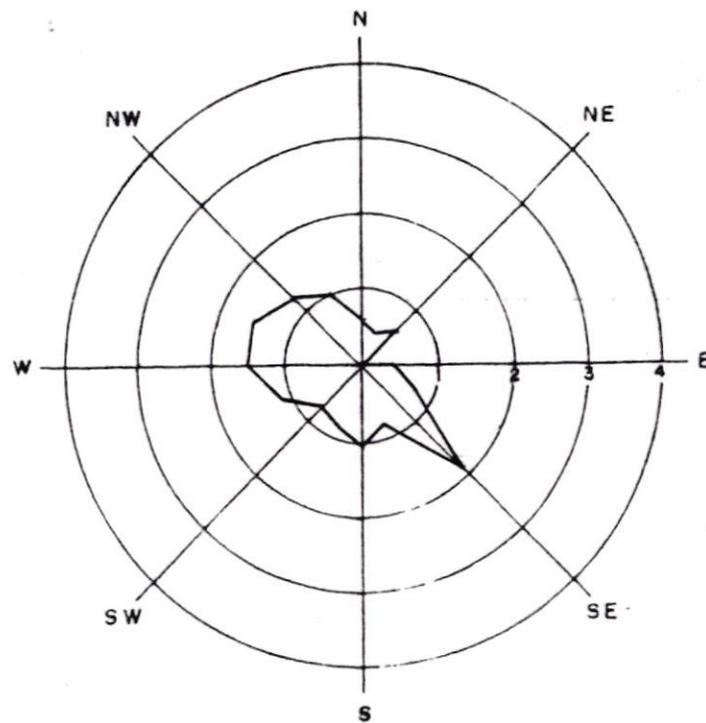
PARTE BAJA

PERIODO DIURNO 1990 - 91

FRECUENCIA (%)



VELOCIDAD MEDIA (m/s)



CALMA 7.9 %

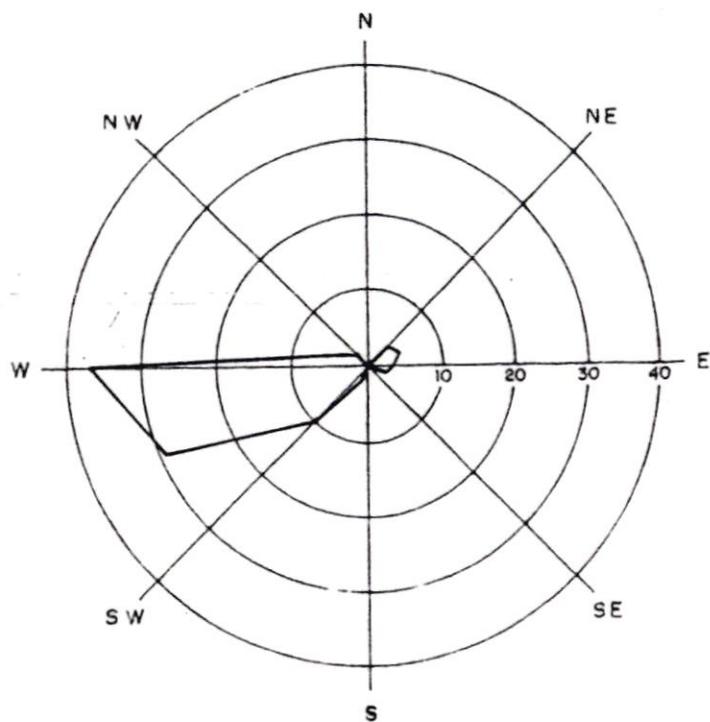
Fig. 11

DIRECCION Y VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO

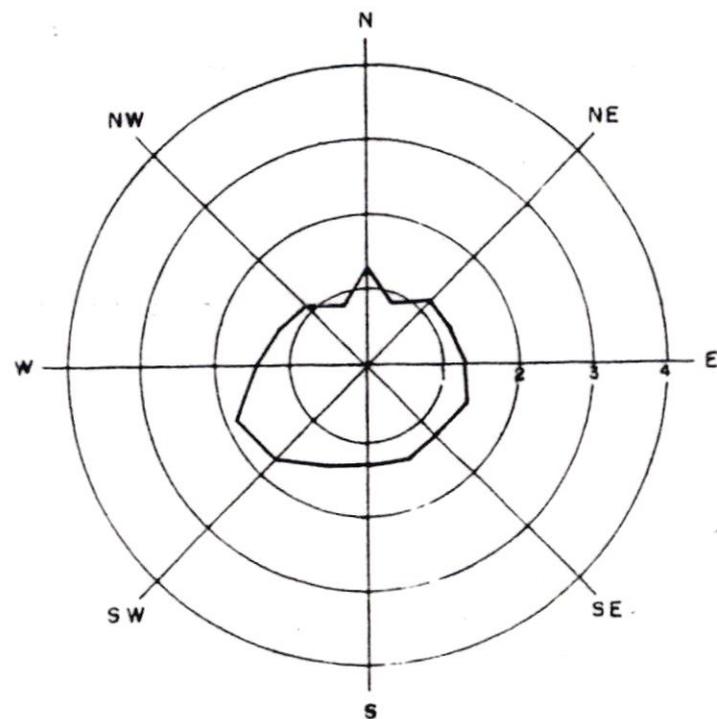
PARTE MEDIA

PERIODO DIURNO 1990 - 91

FRECUENCIA (%)



VELOCIDAD MEDIA (m/s)



CALMA

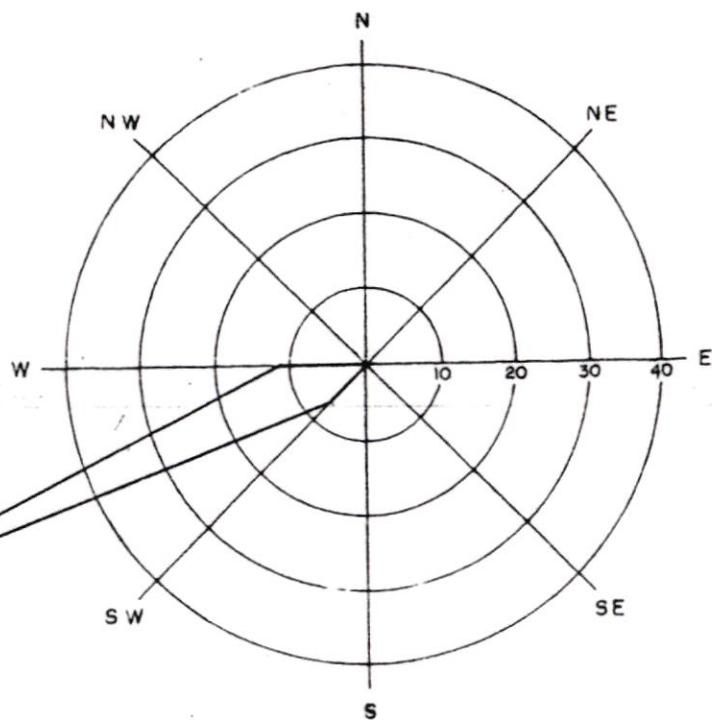
Fig. 12

DIRECCION Y VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO

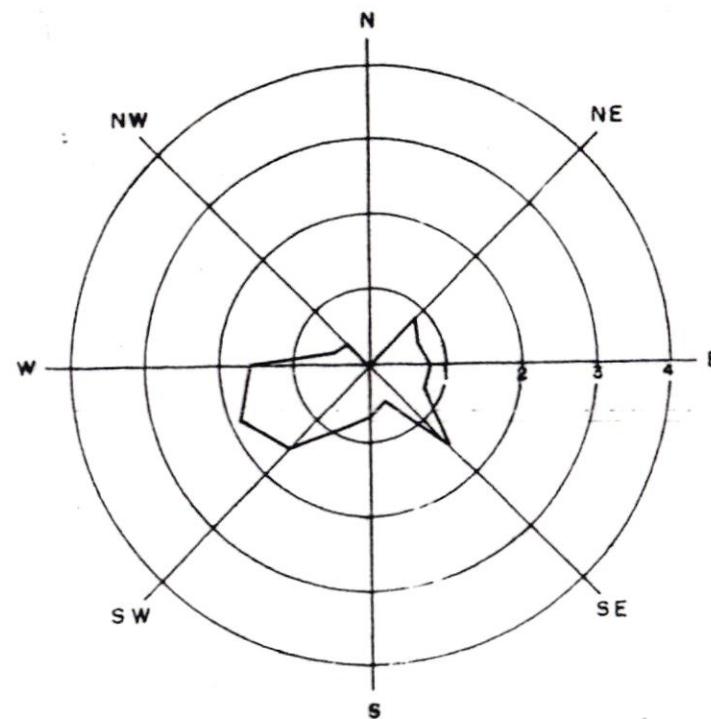
PARTE ALTA

PERIODO DIURNO 1990-91

FRECUENCIA (%)



VELOCIDAD MEDIA (m/s)



CALMA

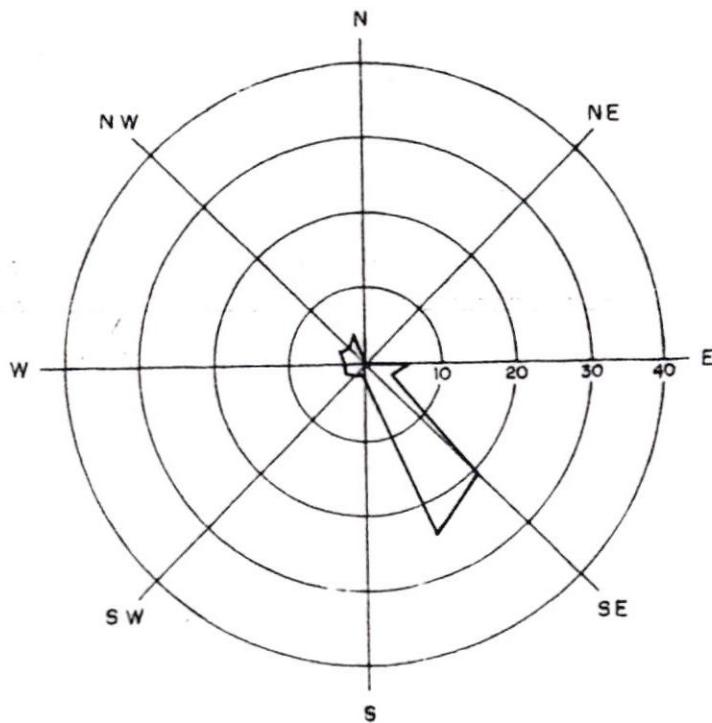
Fig. 13

DIRECCION Y VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO

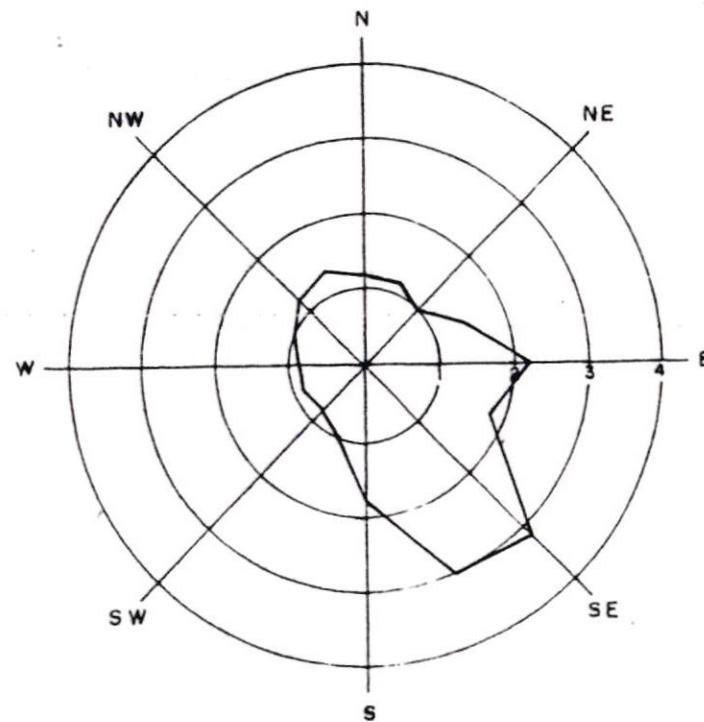
PUERTO DE ILO

PERIODO NOCTURNO 1990 - 91

FRECUENCIA (%)



VELOCIDAD MEDIA (m/s)



CALMA 26 %

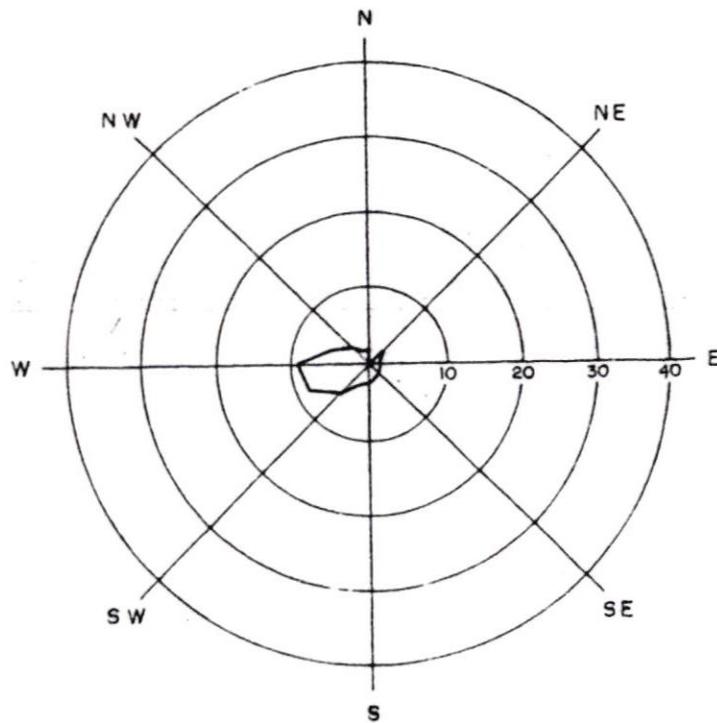
Fig. 14

DIRECCION Y VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO

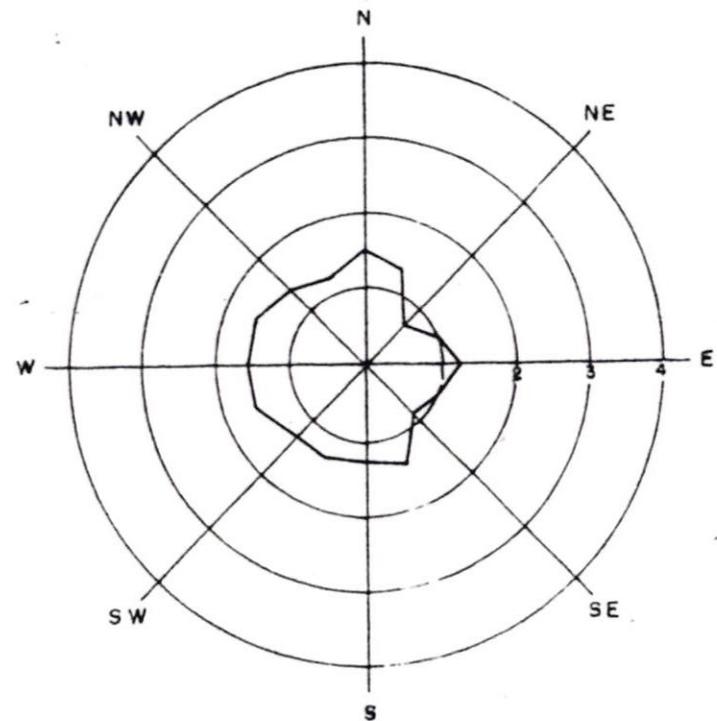
PARTE BAJA

PERIODO NOCTURNO 1990-91

FRECUENCIA (%)



VELOCIDAD MEDIA (m/s)



CALMA 54 %

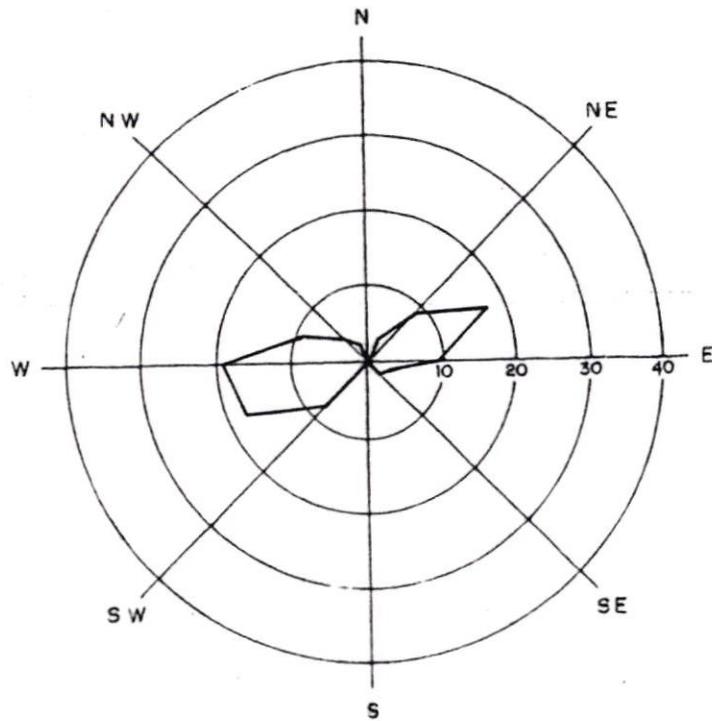
Fig. 15

DIRECCION Y VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO

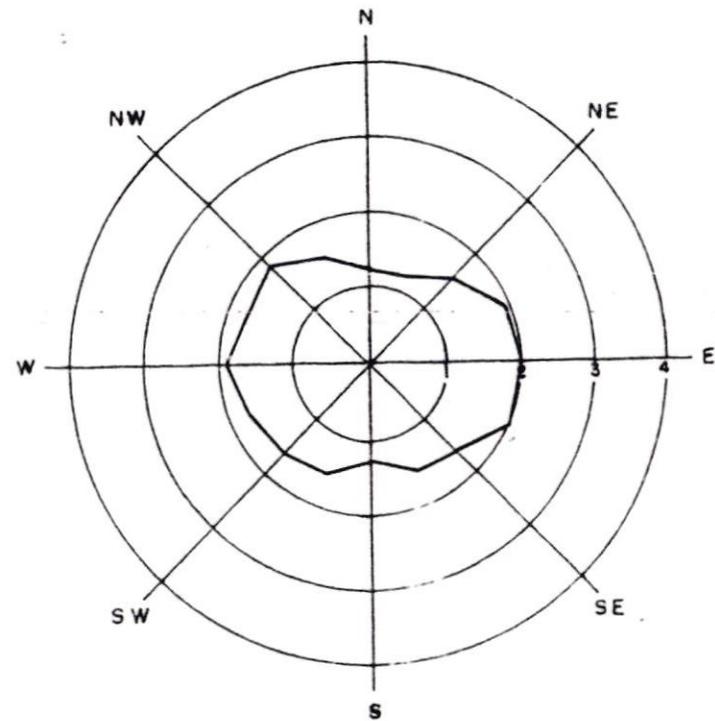
PARTE MEDIA

PERIODO NOCTURNO 1990 - 91

FRECUENCIA (%)



VELOCIDAD MEDIA (m/s)



CALMA

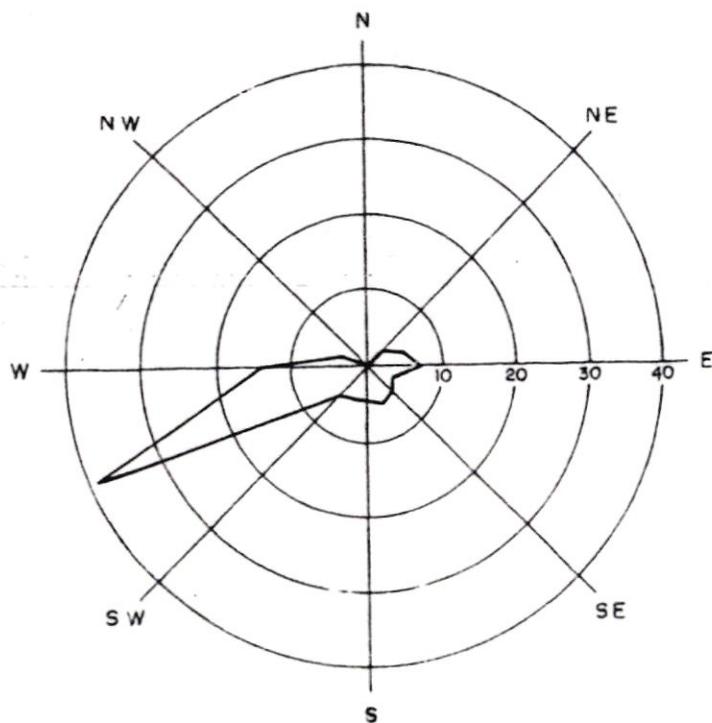
Fig. 16

DIRECCION Y VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO

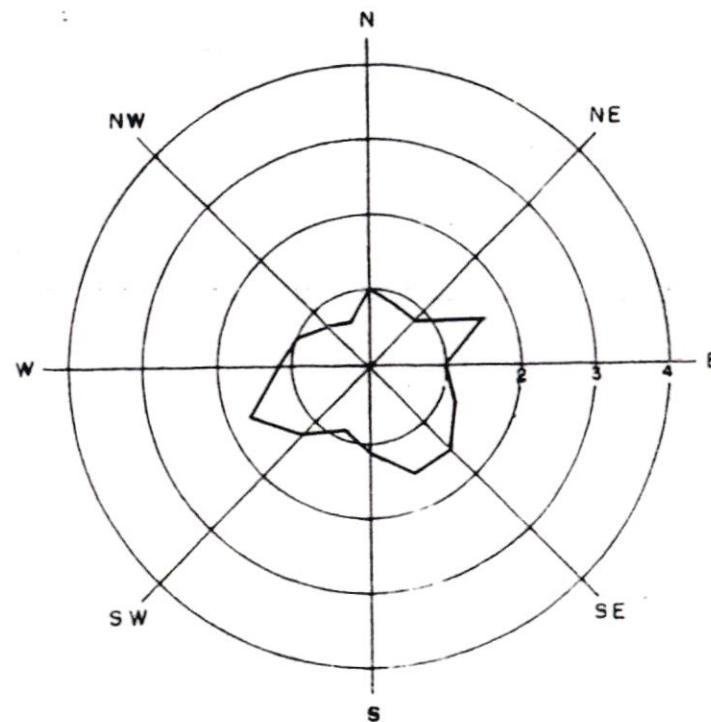
PARTE ALTA

PERIODO NOCTURNO 1990 - 91

FRECUENCIA (%)



VELOCIDAD MEDIA (m/s)



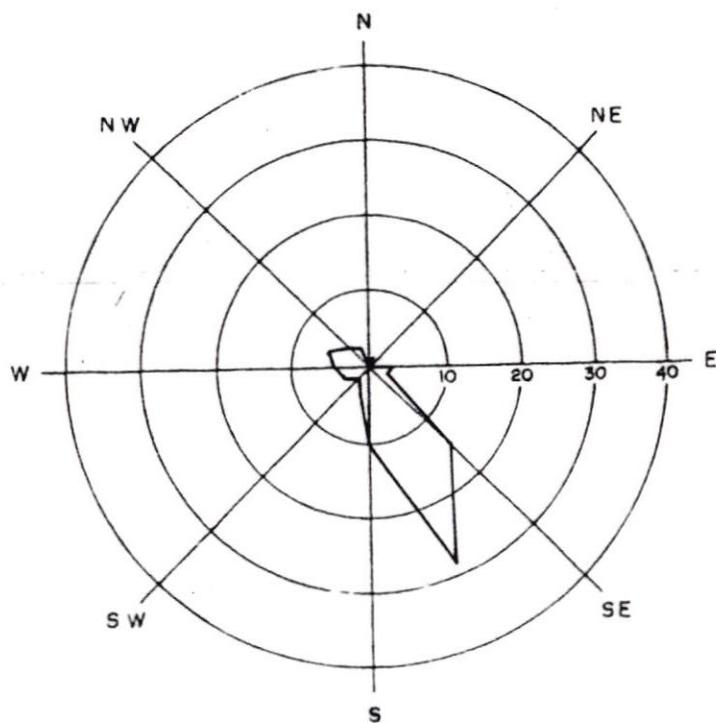
CALMA 5 %

Fig. 17

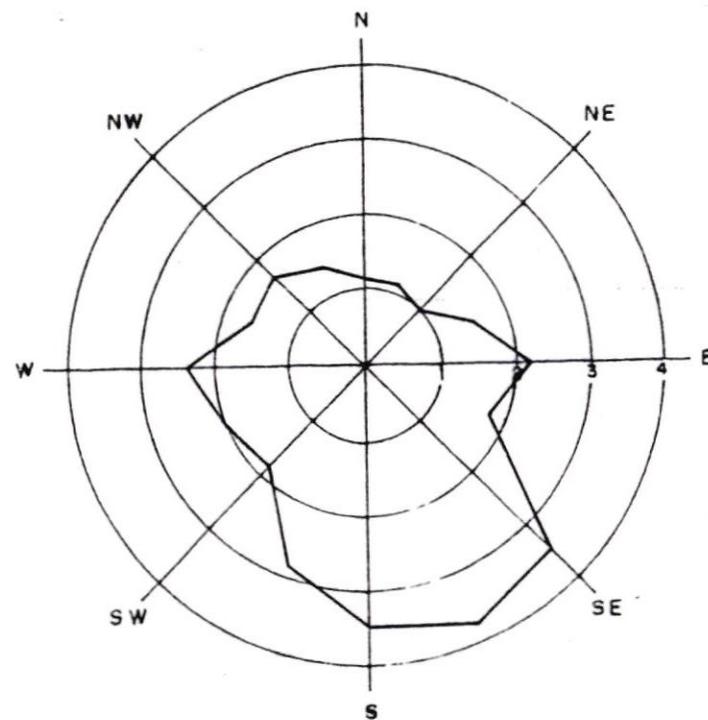
DIRECCION Y VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO

PUERTO DE ILO
PERIODO 1990-1991

FRECUENCIA (%)



VELOCIDAD MEDIA (m/s)



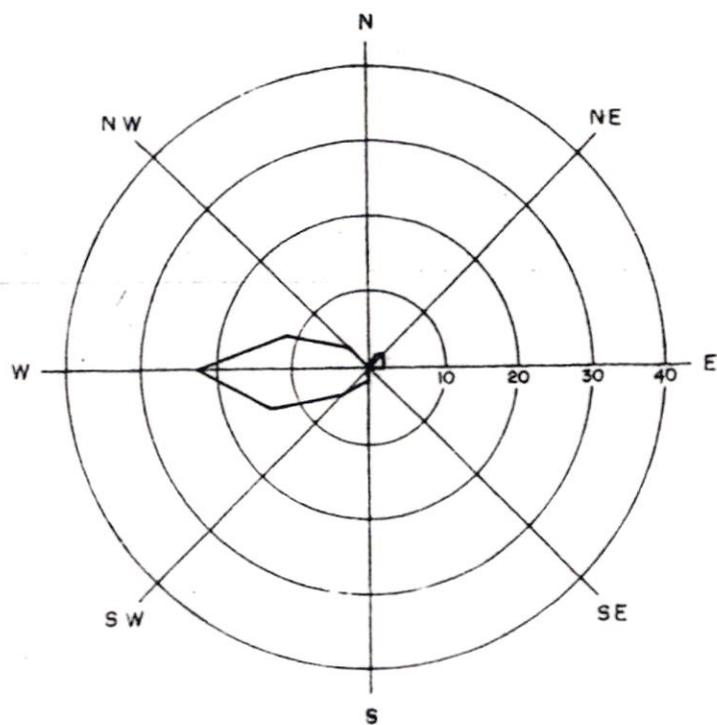
CALMA 17 %

Fig. 18

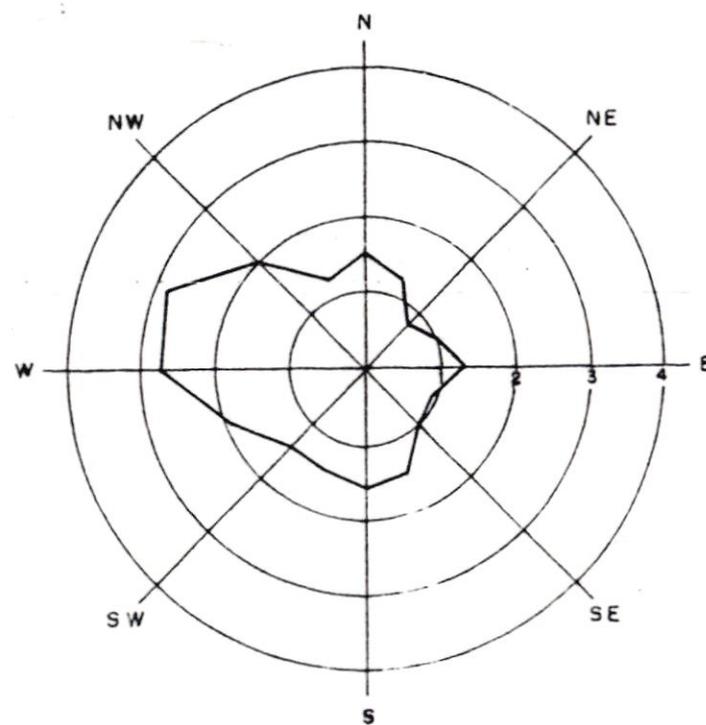
DIRECCION Y VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO

PARTE BAJA
PERIODO 1990 - 1991

FRECUENCIA (%)



VELOCIDAD MEDIA (m/s)



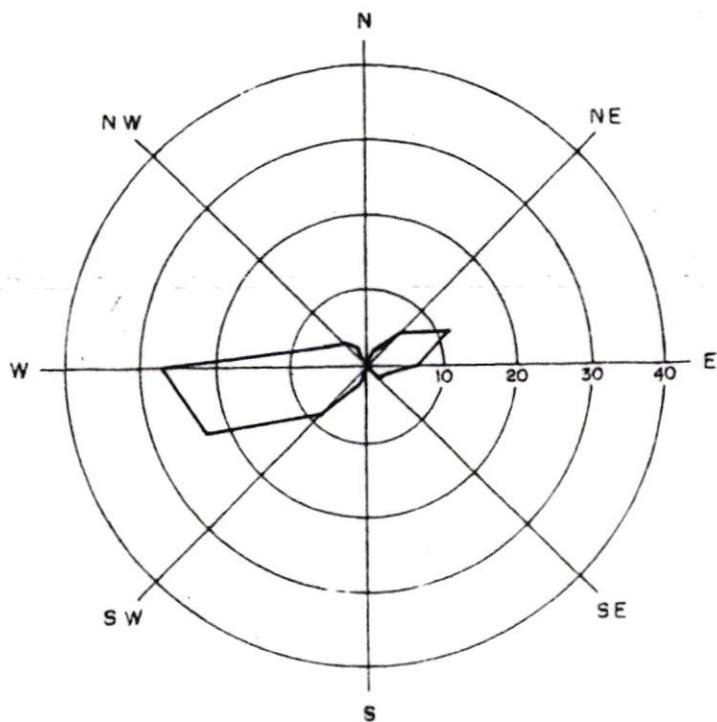
CALMA 32 %

Fig. 19

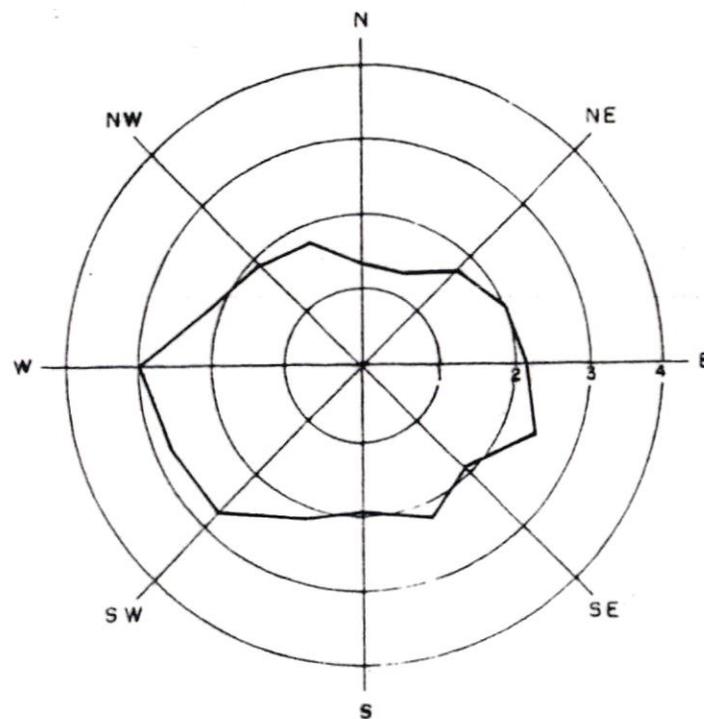
DIRECCION Y VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO

PARTE MEDIA
PERIODO 1990 - 1991

FRECUENCIA (%)



VELOCIDAD MEDIA (m/s)



CALMA 0.25 %

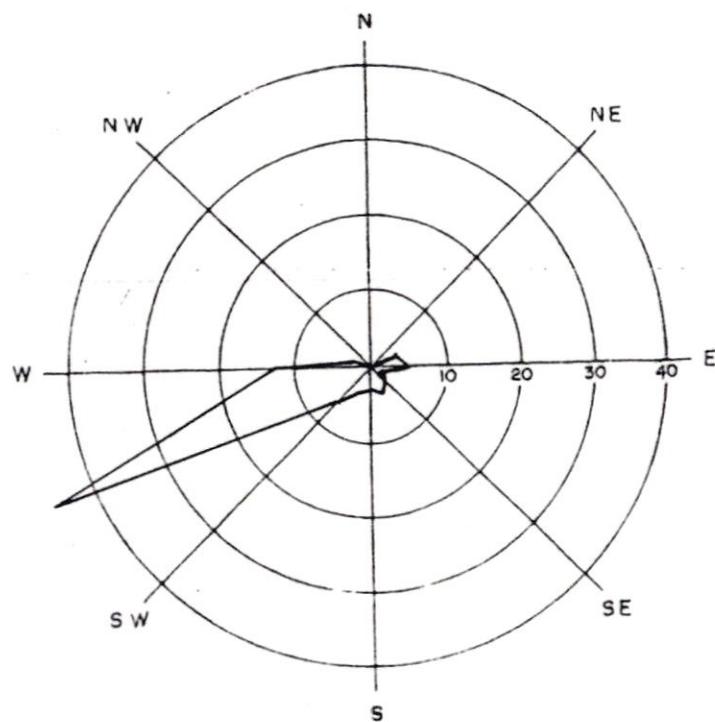
Fig. 20

DIRECCION Y VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO

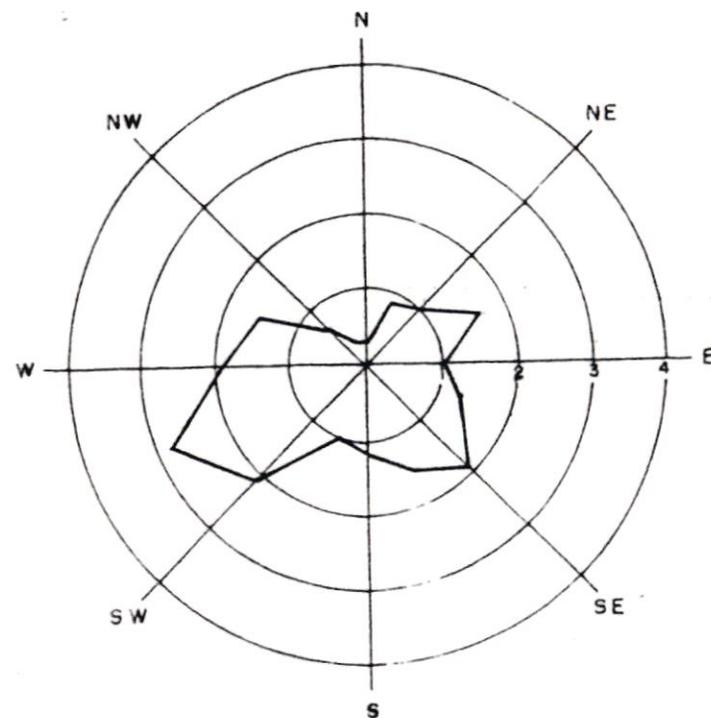
PARTE ALTA

PERIODO 1990-1991

FRECUENCIA (%)



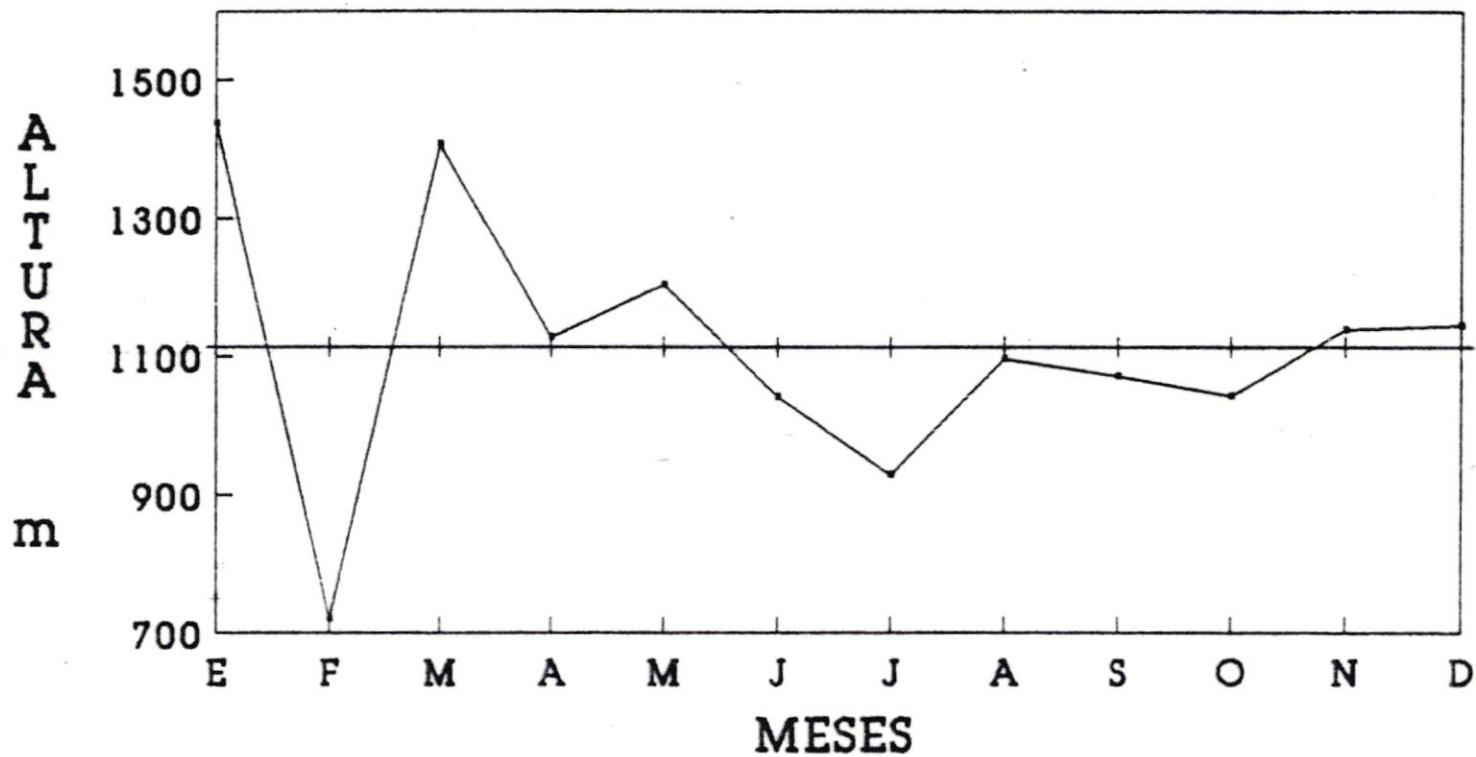
VELOCIDAD MEDIA (m/s)



CALMA 2.7 %

ESTACION DE LA JOYA

ALTURA DE BASE DE INVERSION TERMICA



—+ Series 2

Figura 21

ESTACION DE LA JOYA

ESPEJOR DE INVERSION TERMICA

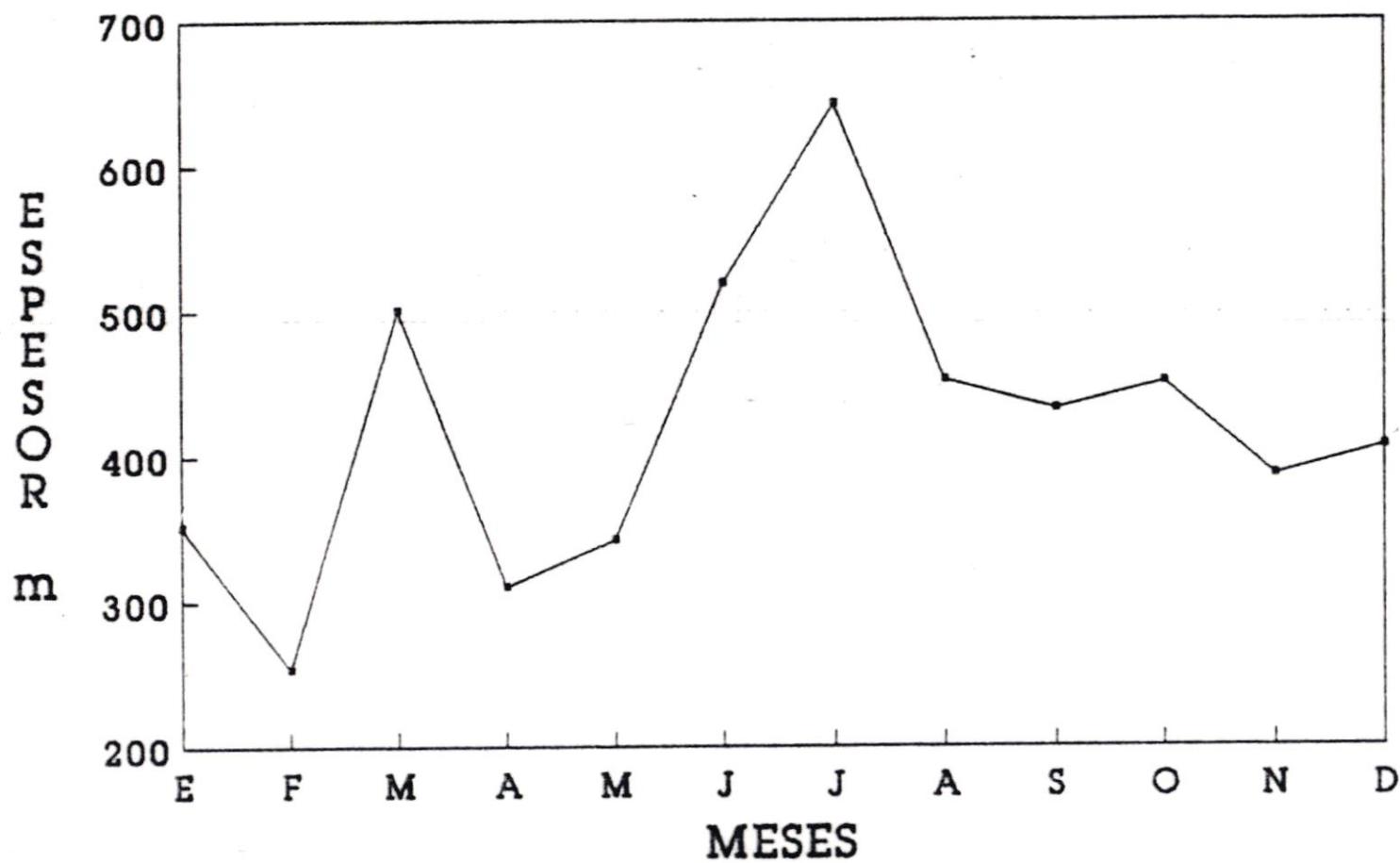


Figura 22

TEMPERATURA BASE DE INVERSION TERMIC

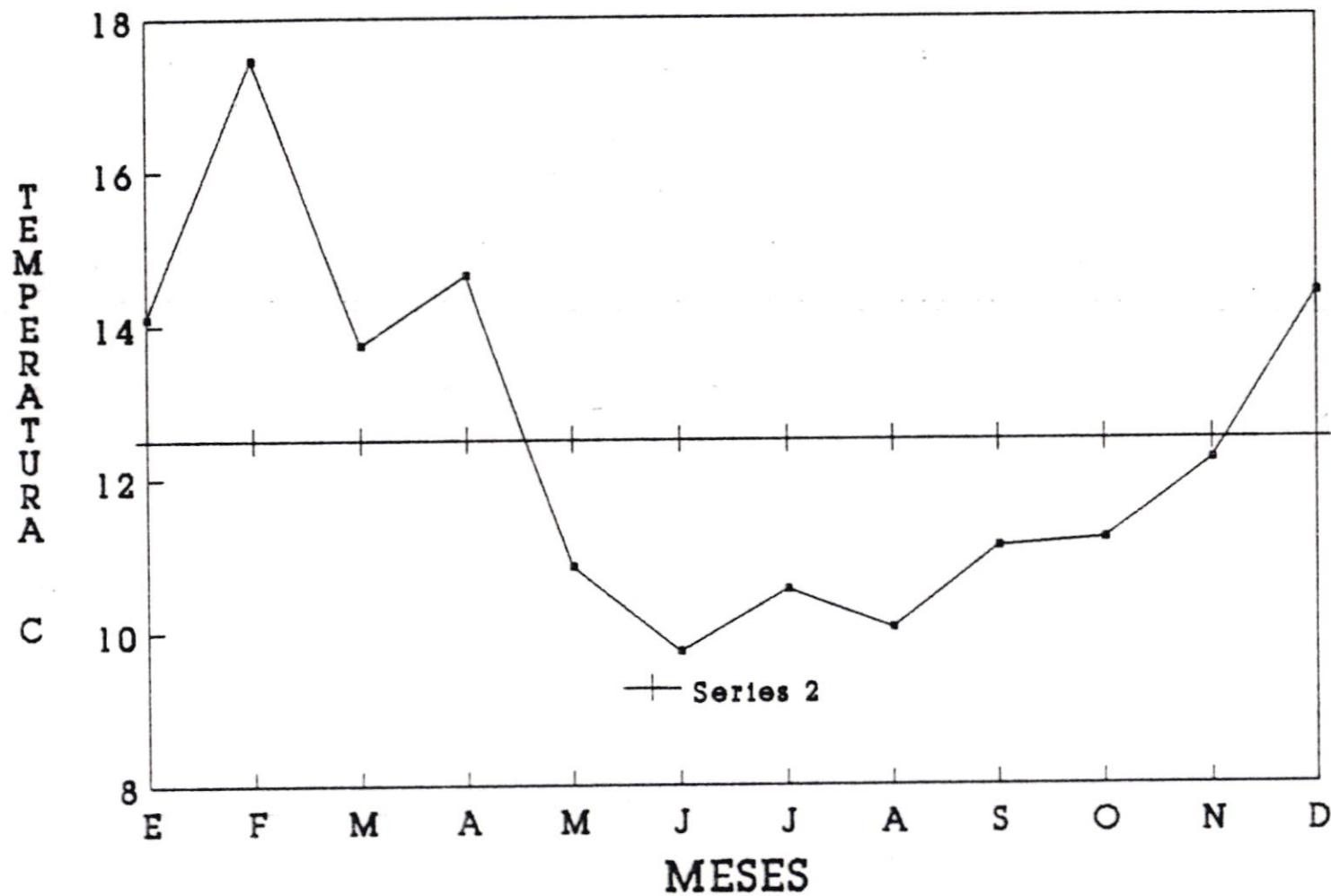


Figura 23

ESTACION DE LA JOYA

INTENSIDAD DE INVERSION TERMICA

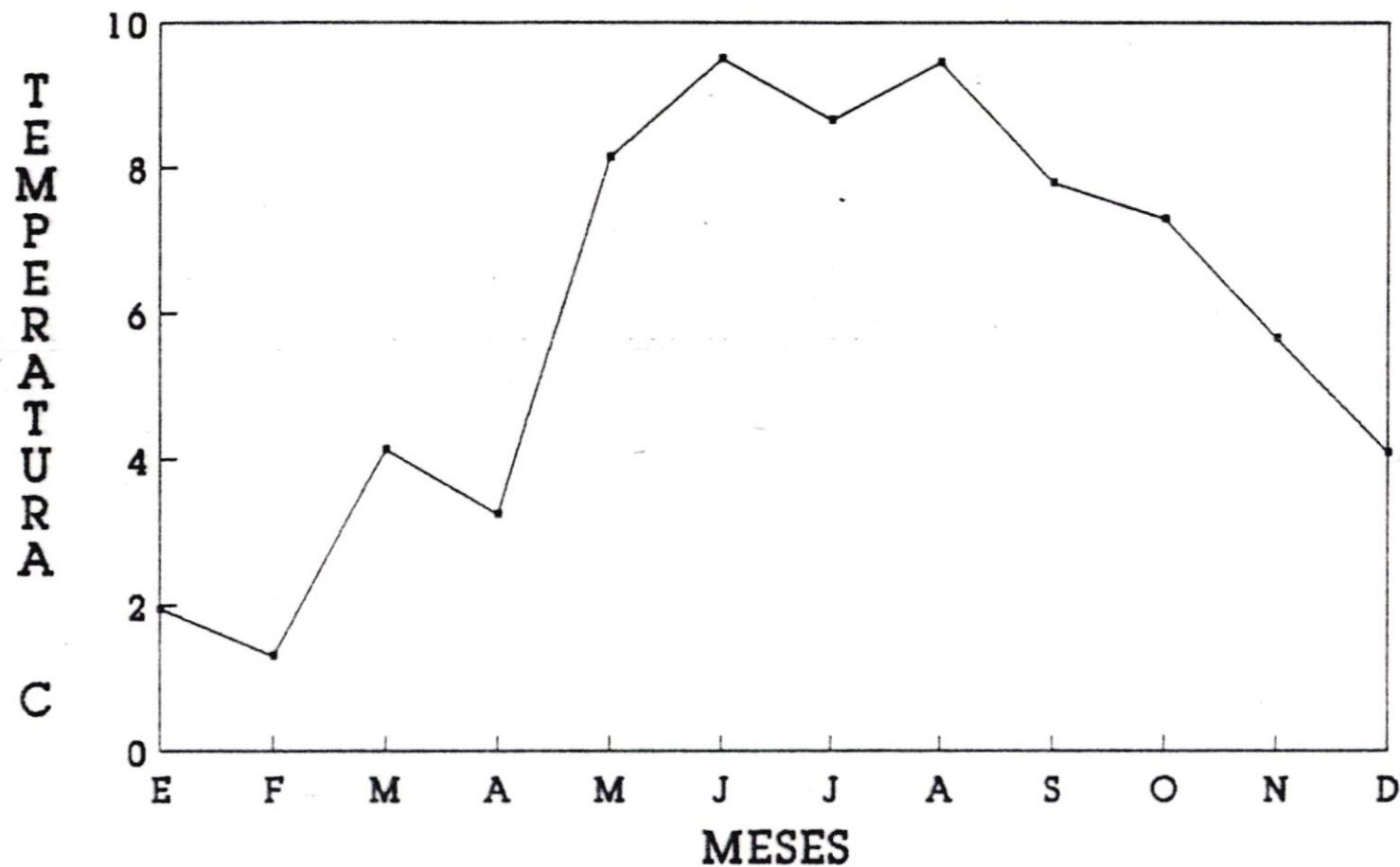
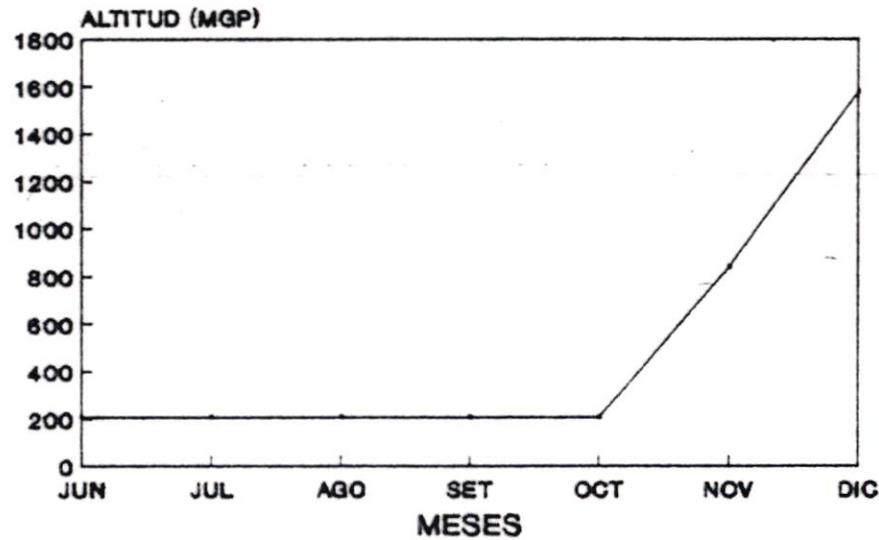


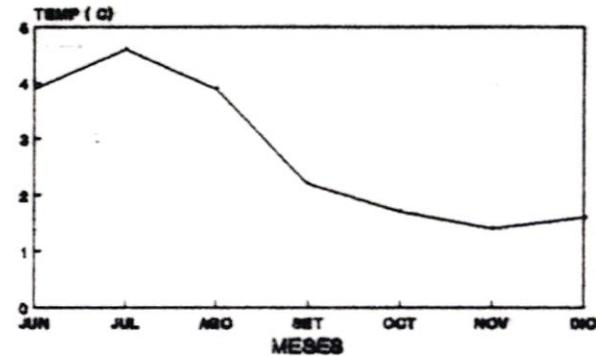
Figura 24



ALTURA DE LA INVERSION MOLLENDO 82



INTENSIDAD DE INVERSION MOLLENDO 82



FRECUENCIA MENSUAL DE INVERSION MOLLENDO 82

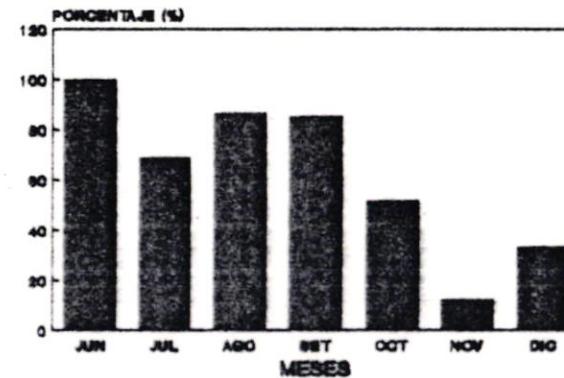
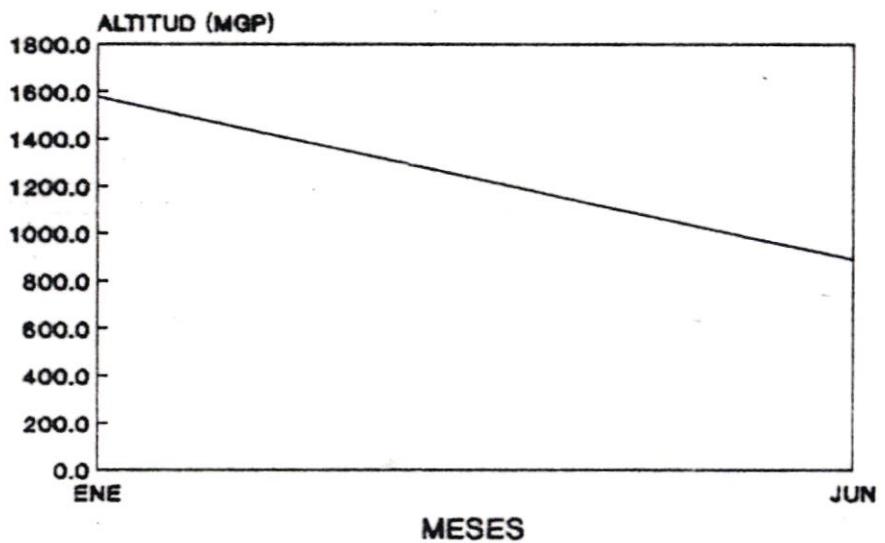


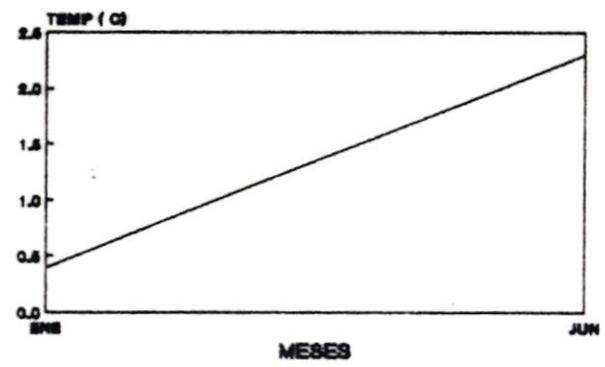
FIGURA 25



ALTURA DE LA INVERSION MOLLENDO 83



INTENSIDAD DE INVERSION MOLLENDO 83



FRECUENCIA MENSUAL DE INVERSION MOLLENDO 83

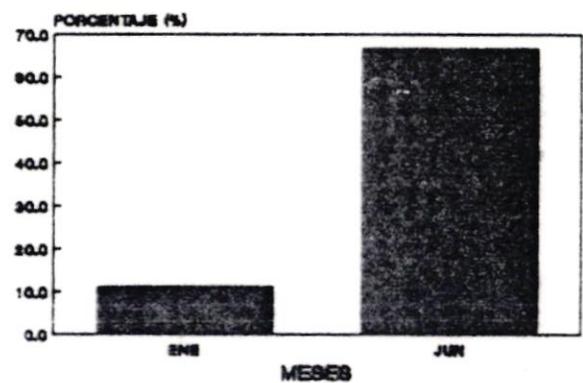
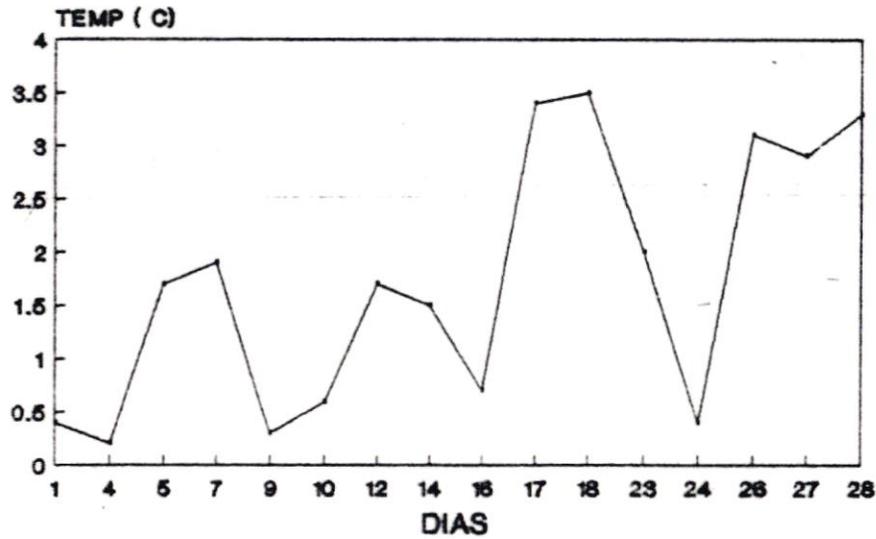


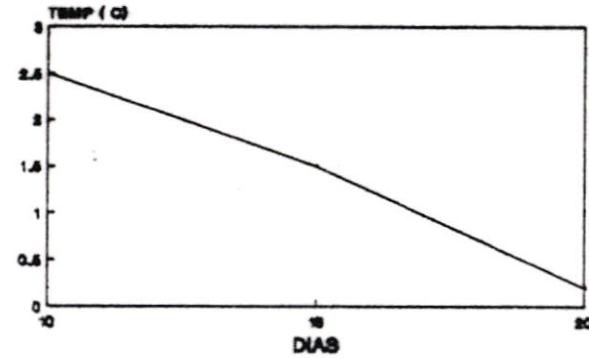
Figura 26



INTENSIDAD DE INVERSION MOLLEDO OCTUBRE 82



INTENSIDAD DE INVERSION MOLLEDO NOVIEM 82



INTENSIDAD DE INVERSION MOLLEDO DICIEM 82

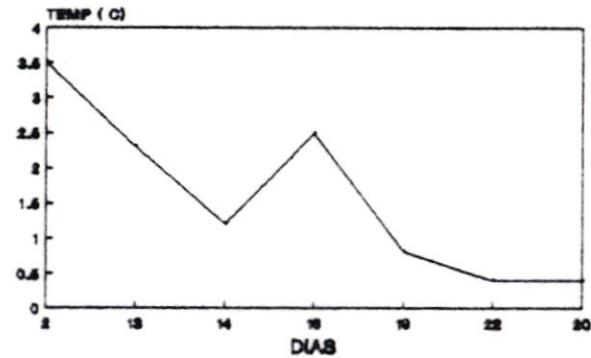
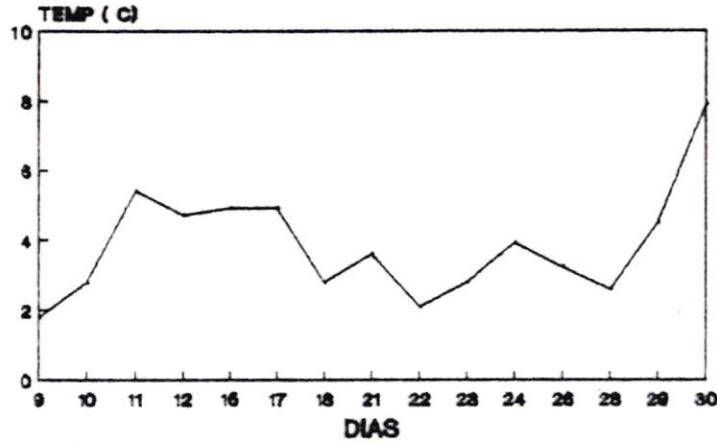


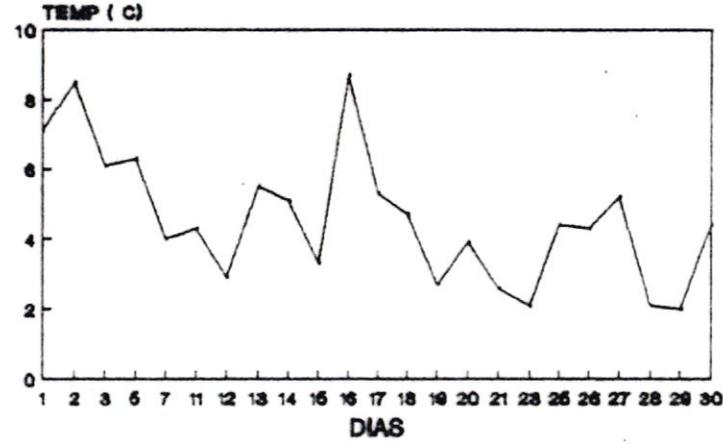
FIGURA 27



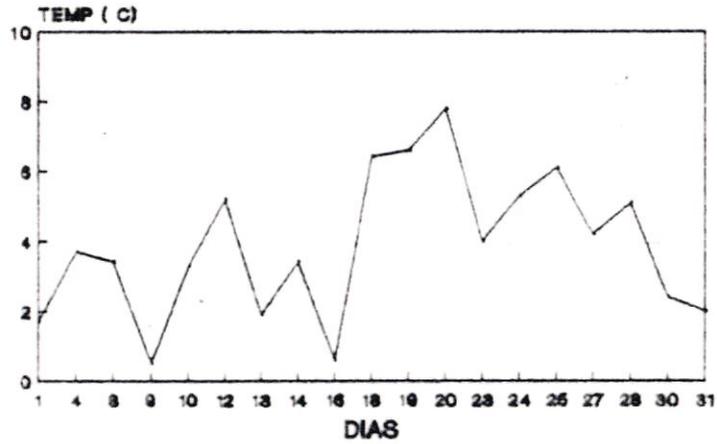
INTENSIDAD DE INVERSION MOLLENDO JUNIO 82



INTENSIDAD DE INVERSION MOLLENDO JULIO 82



INTENSIDAD DE INVERSION MOLLENDO AGOSTO 82



INTENSIDAD DE INVERSION MOLLENDO SETIEM 82

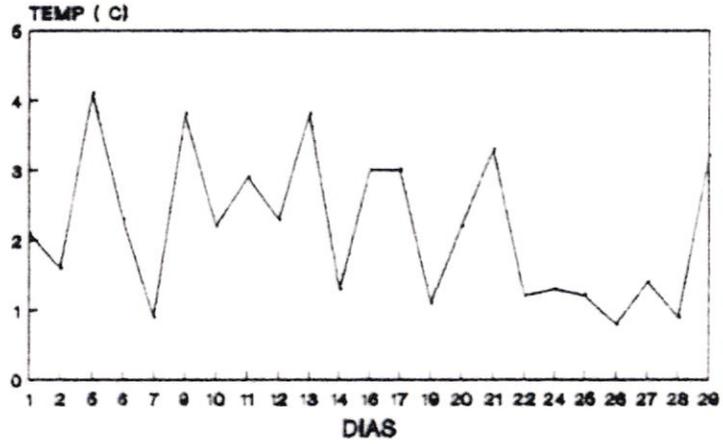


Figura 28



FRECUENCIA ALTURA DE BASE DE INVERSION ESTACION DE ANTOFAGASTA

Figura 29

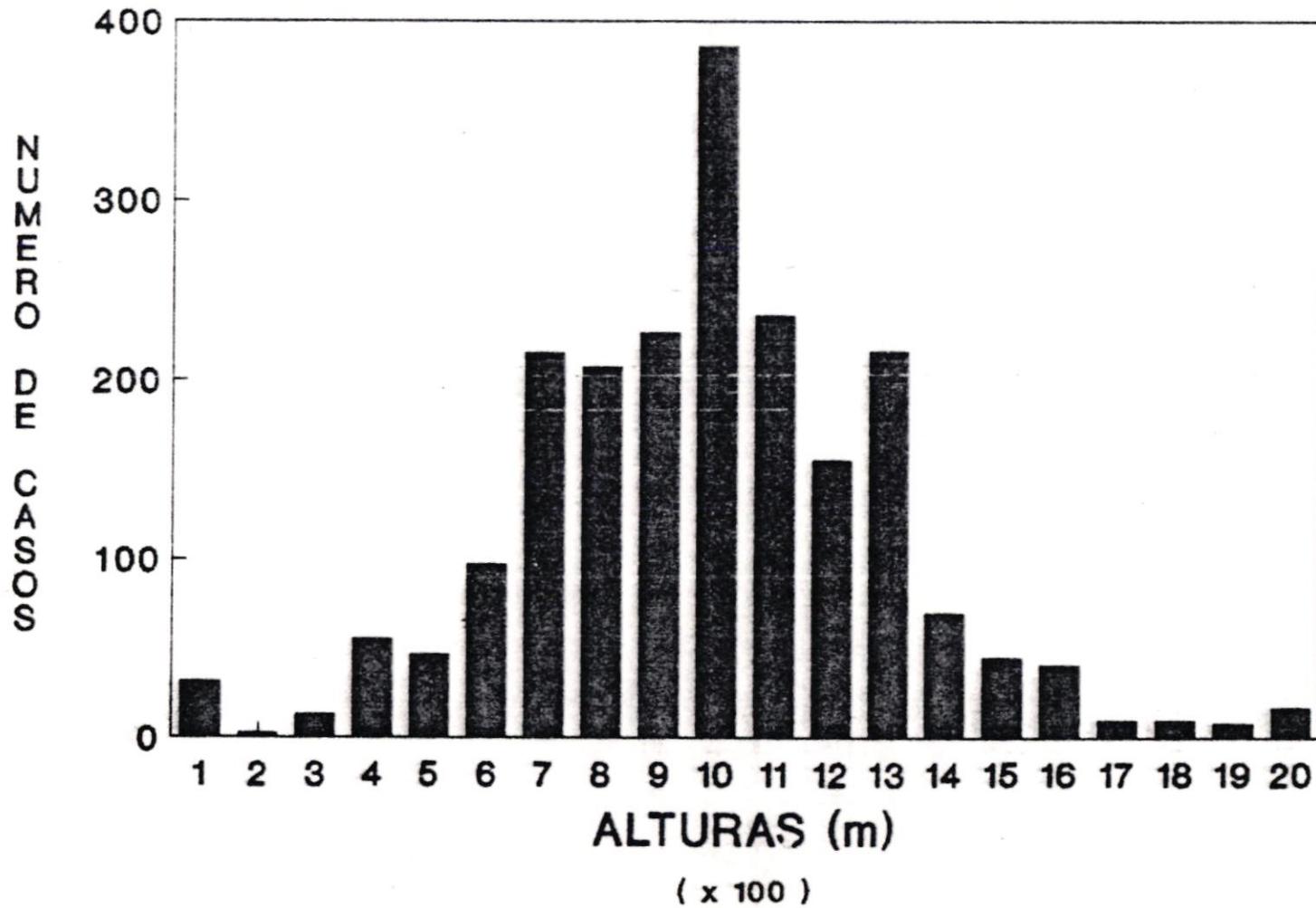
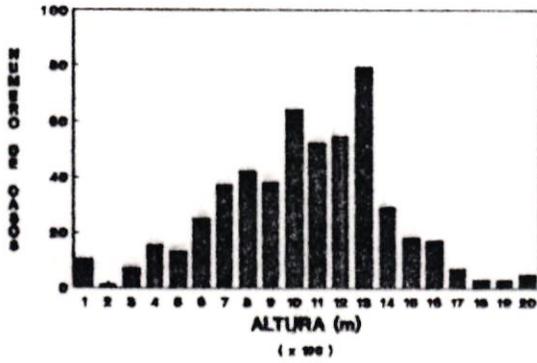


Figura 30

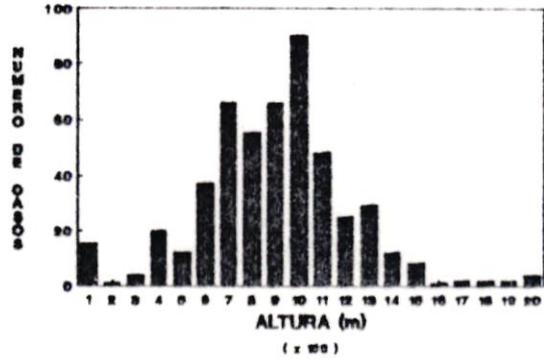
FRECUENCIA DE ALTURA DE LA BASE DE INVERSION DE INVERSION

ANTOFAGASTA

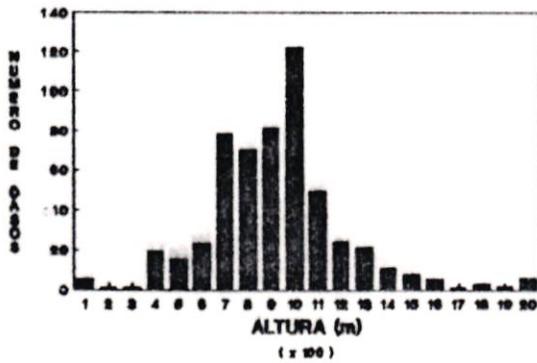
ENERO-FEBRERO-MARZO



ABRIL-MAYO-JUNIO



JULIO-AGOSTO-SEPTIEMBRE



OCTUBRE-NOVIEMBRE-DICIEMBRE

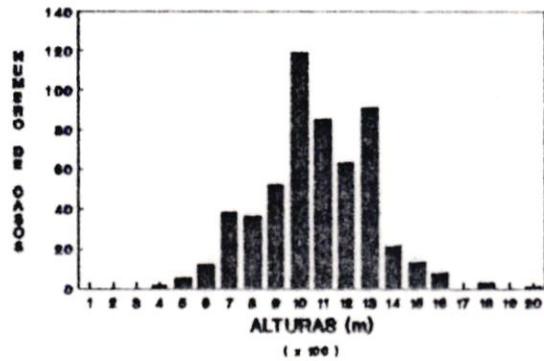
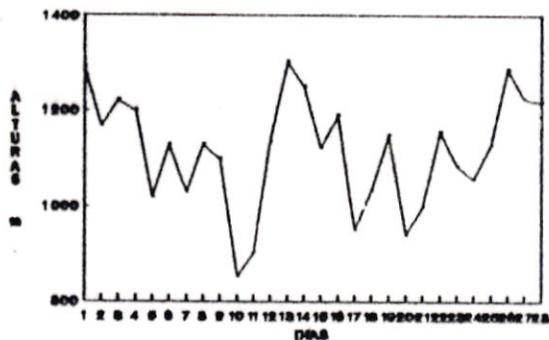


Figura 31

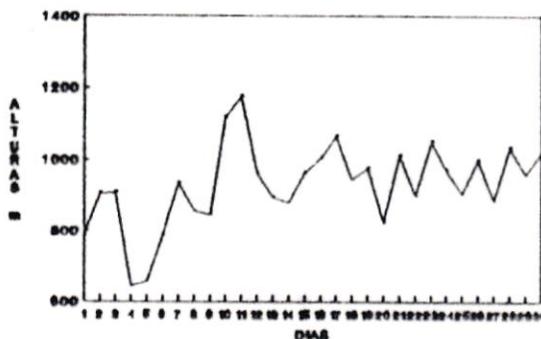
DISTRIBUCION DIARIA DE ALTURA DE LA BASE DE INVERSION

ANTOFAGASTA

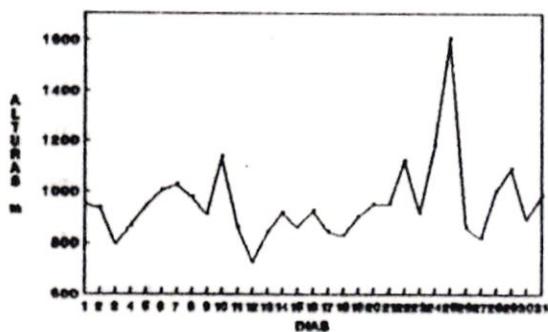
FEBRERO



ABRIL



JULIO



OCTUBRE

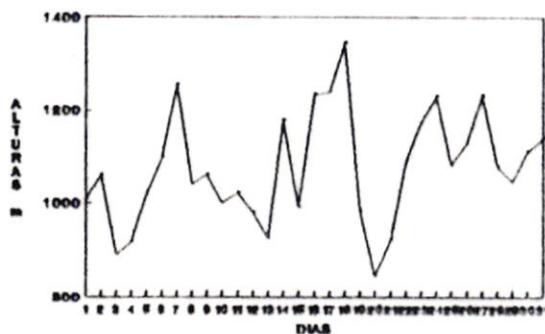
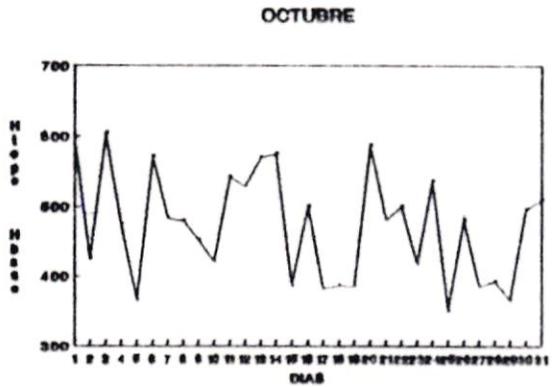
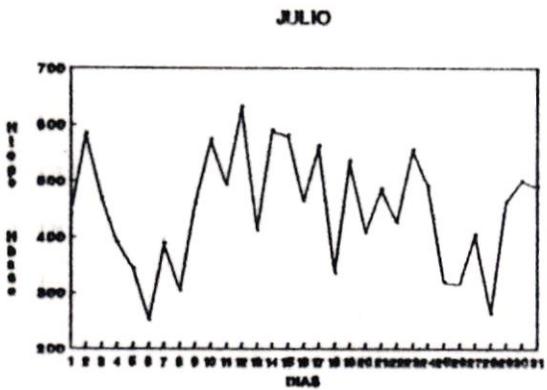
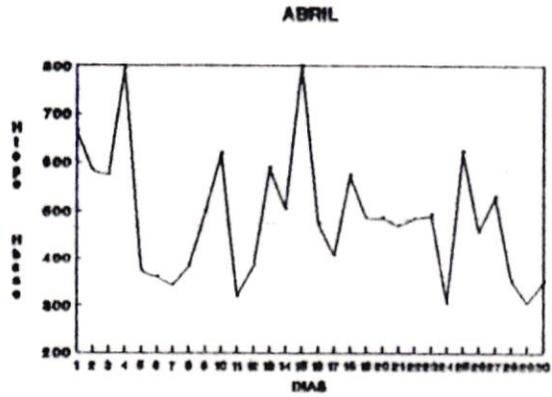
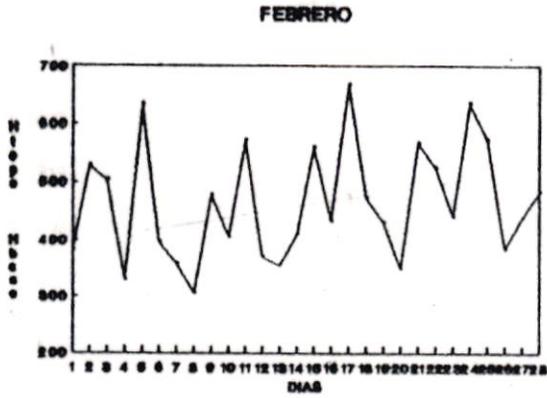


Figura 32

DISTRIBUCION DIARIA DE ESPESOR DE INVERSION ANTOFAGASTA



DISTRIBUCION TEMPORAL DE TEMPERATURA PUERTO ILO - 3 AL 7 MAYO 1991

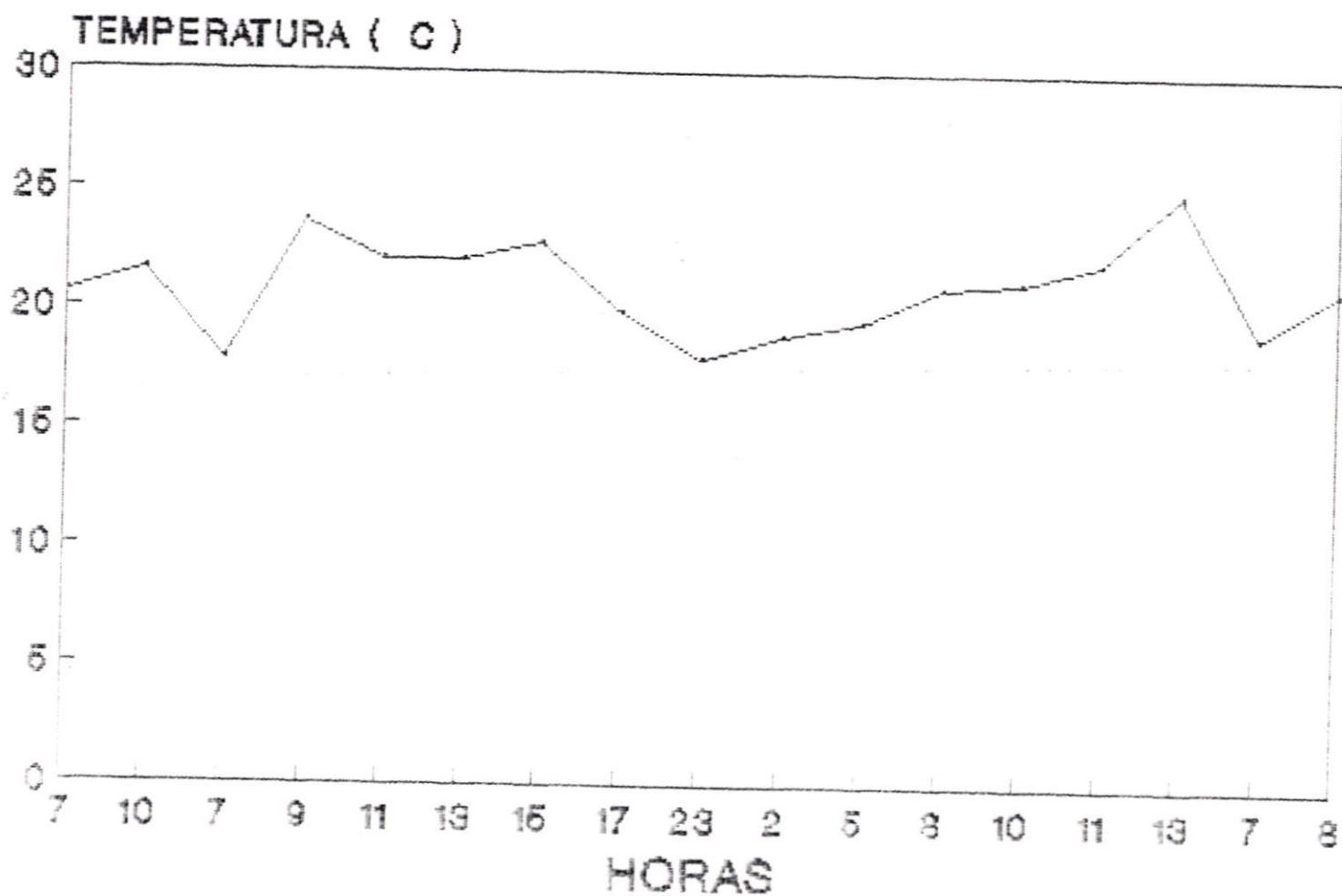


Figura 33

Figura 34

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 03/91. Hora: 07:00

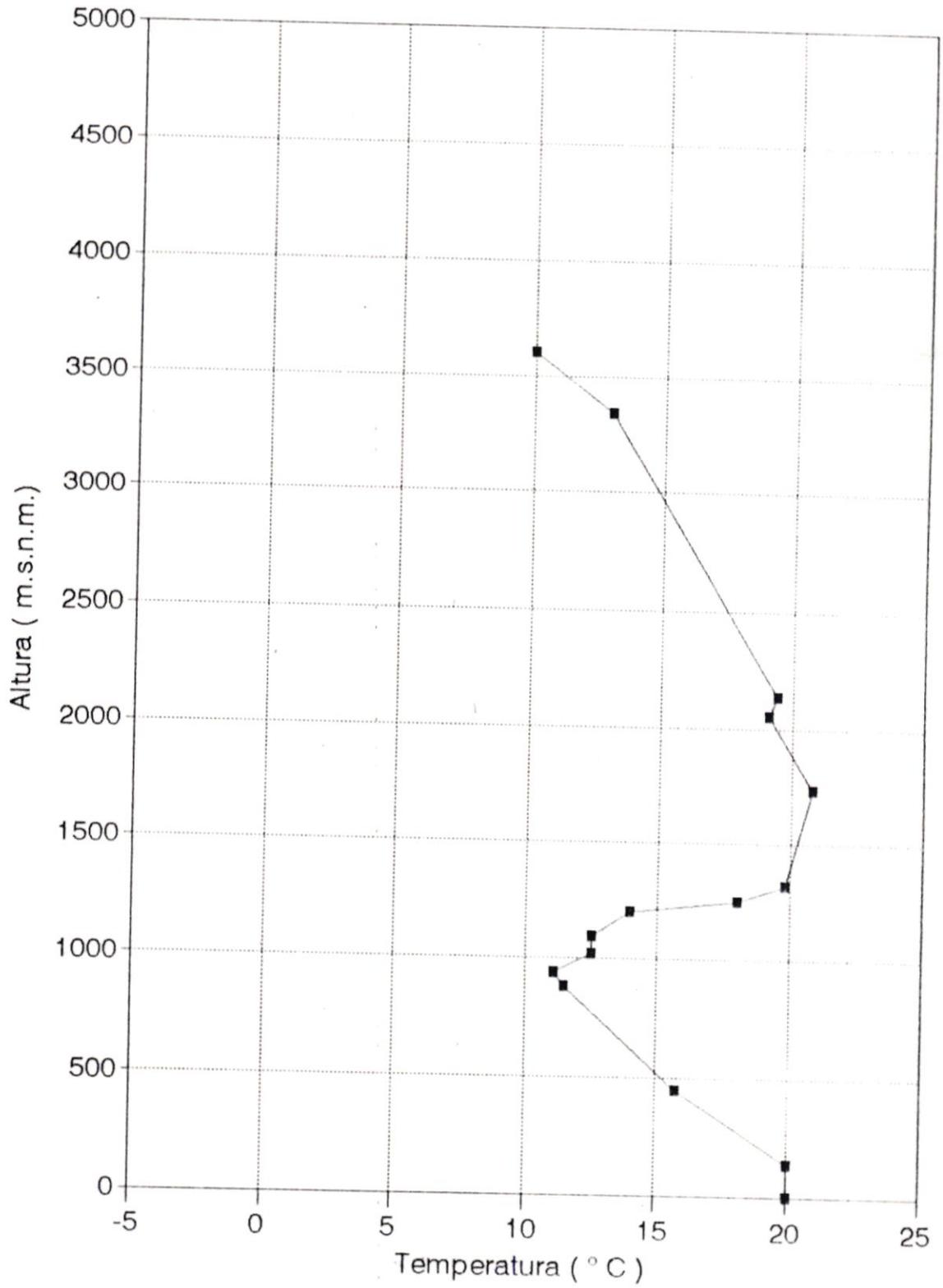


Figura 35

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 03/91. Hora: 10:00

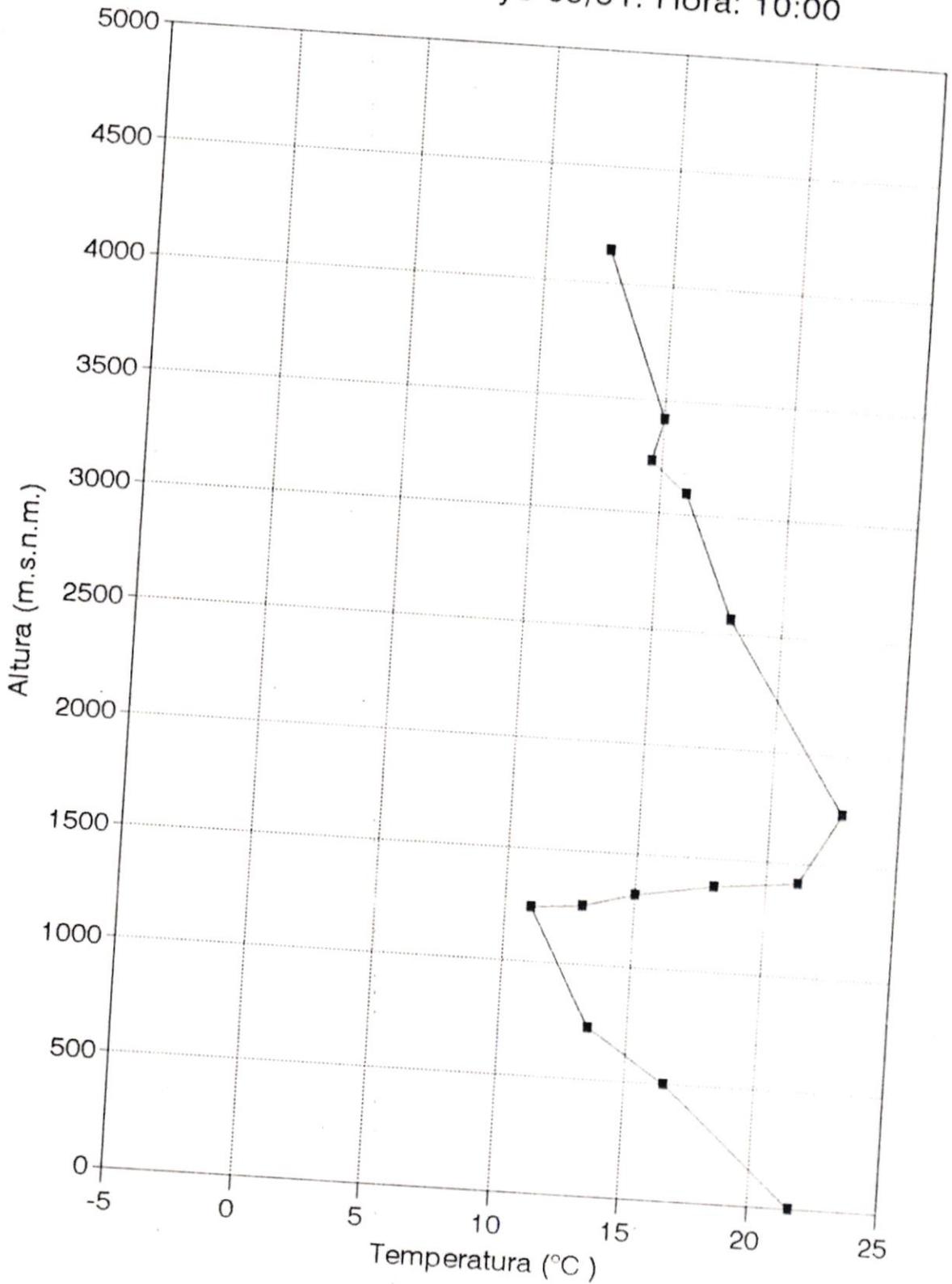


Figura 36

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 03/91. Hora: 12:00

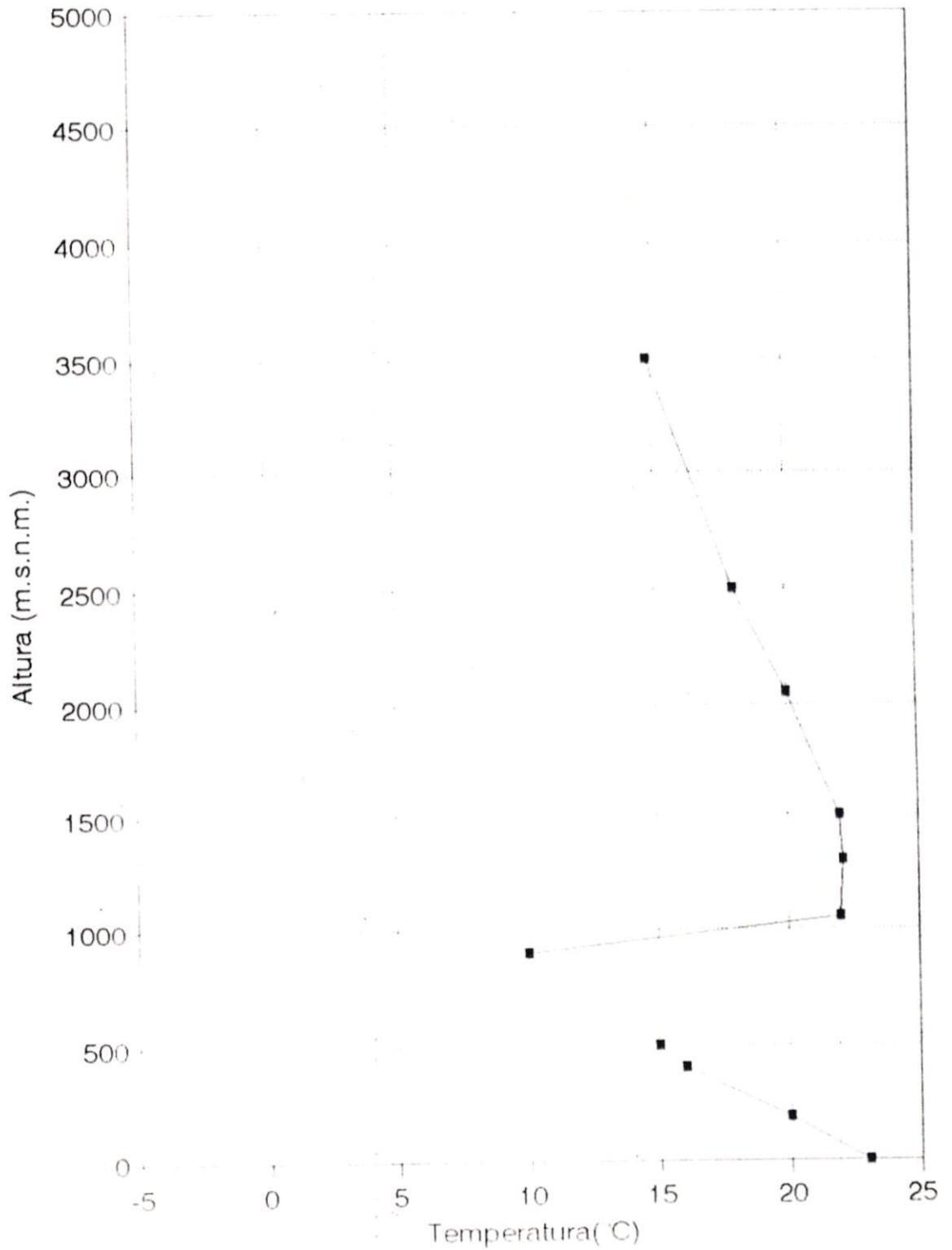


Figura 37

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 03/91. Hora: 14:00

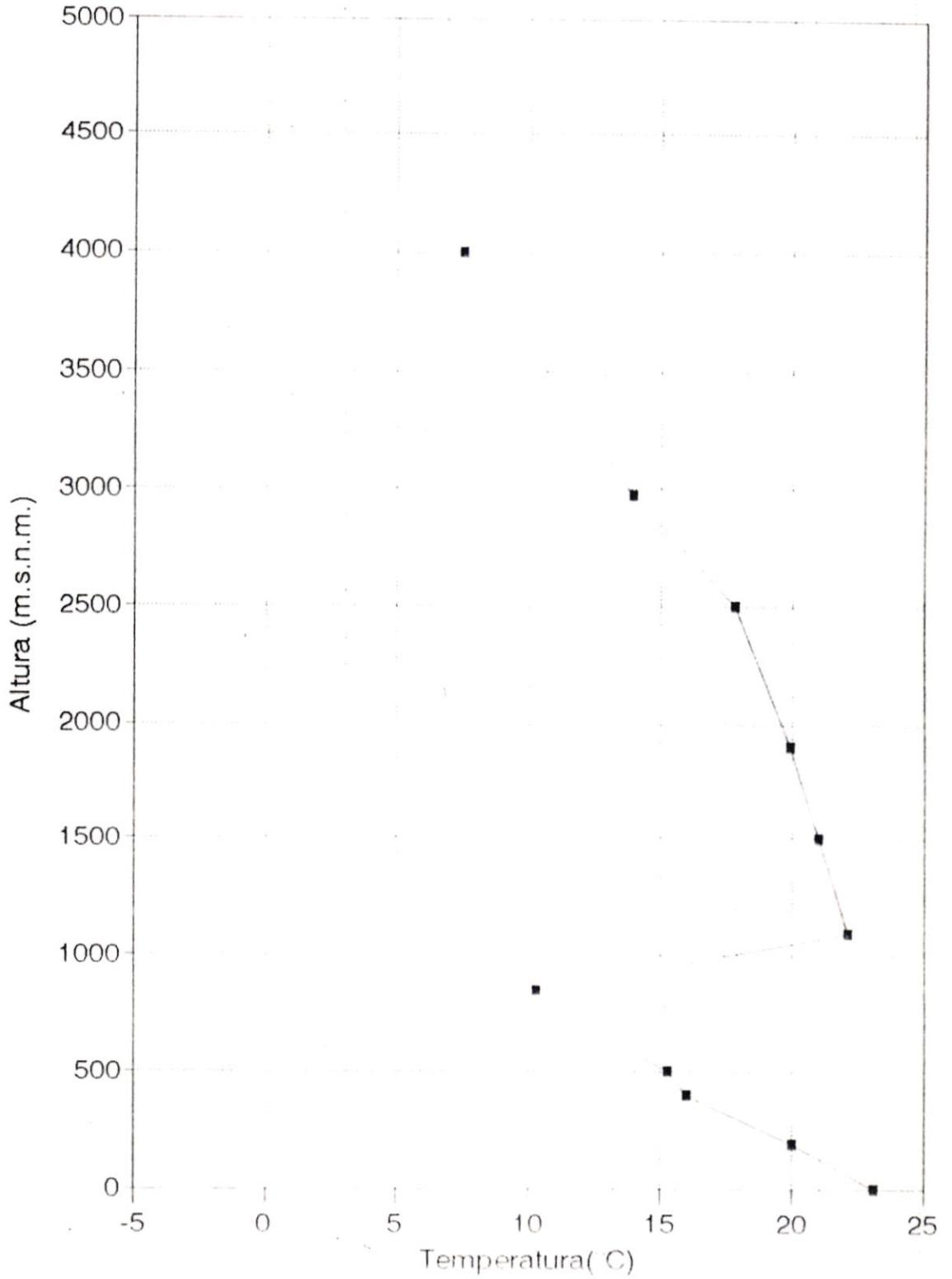


Figura 38

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 03/91. Hora: 16:00

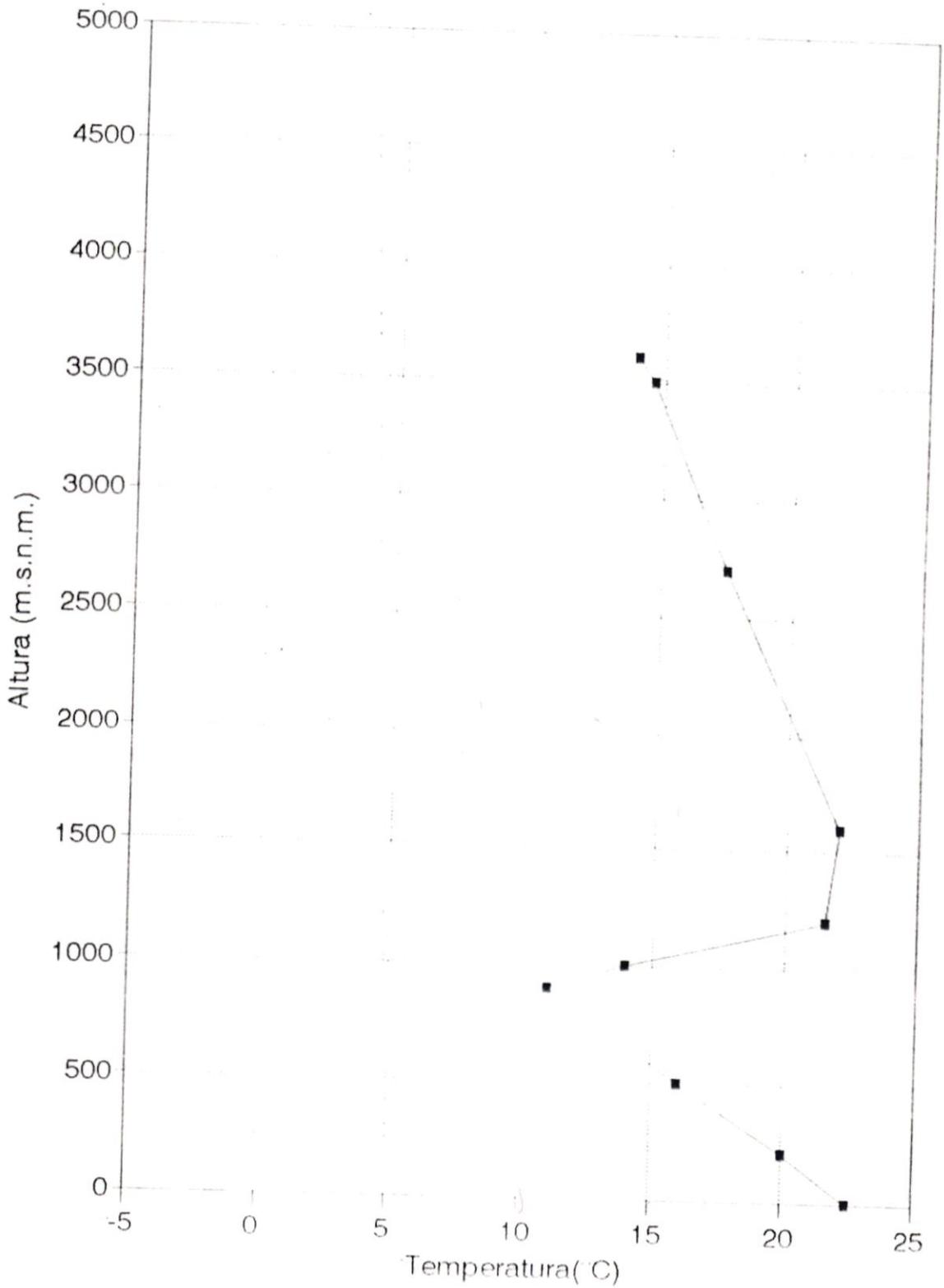


Figura 39

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 03/91. Hora: 19:00

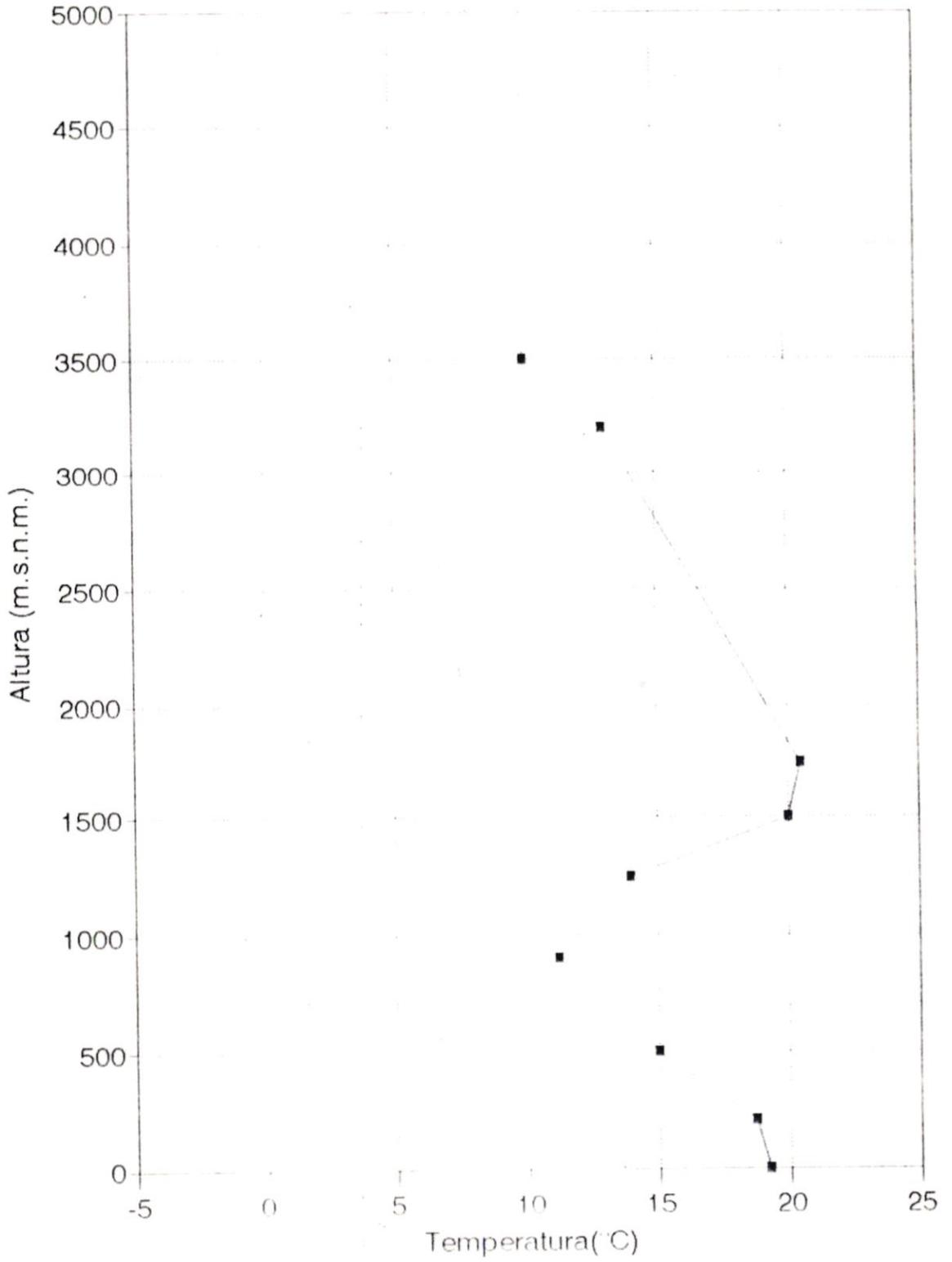


Figura 40

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 03/91. Hora: 22:00

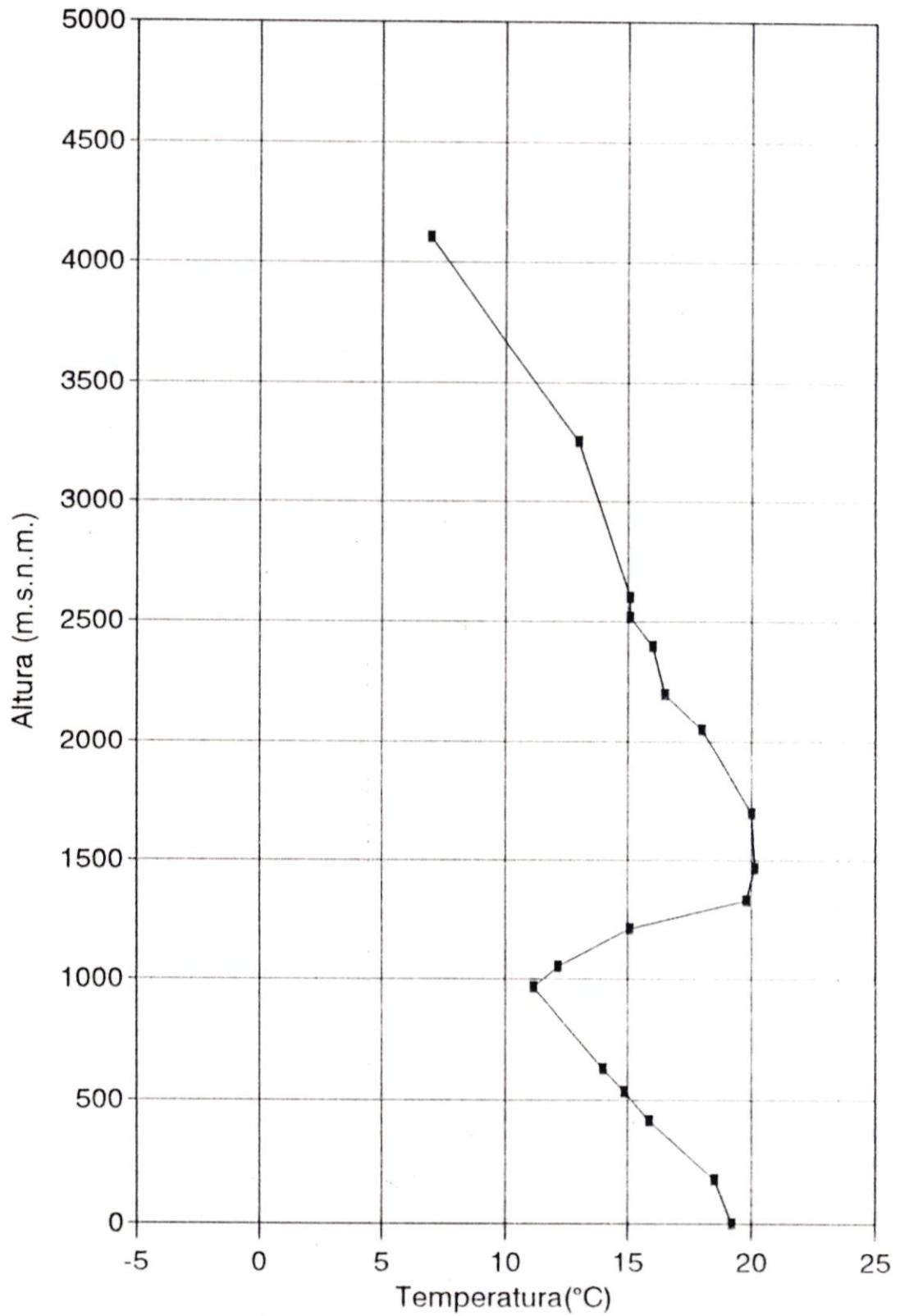


Figura 41

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 04/91. Hora: 04:00

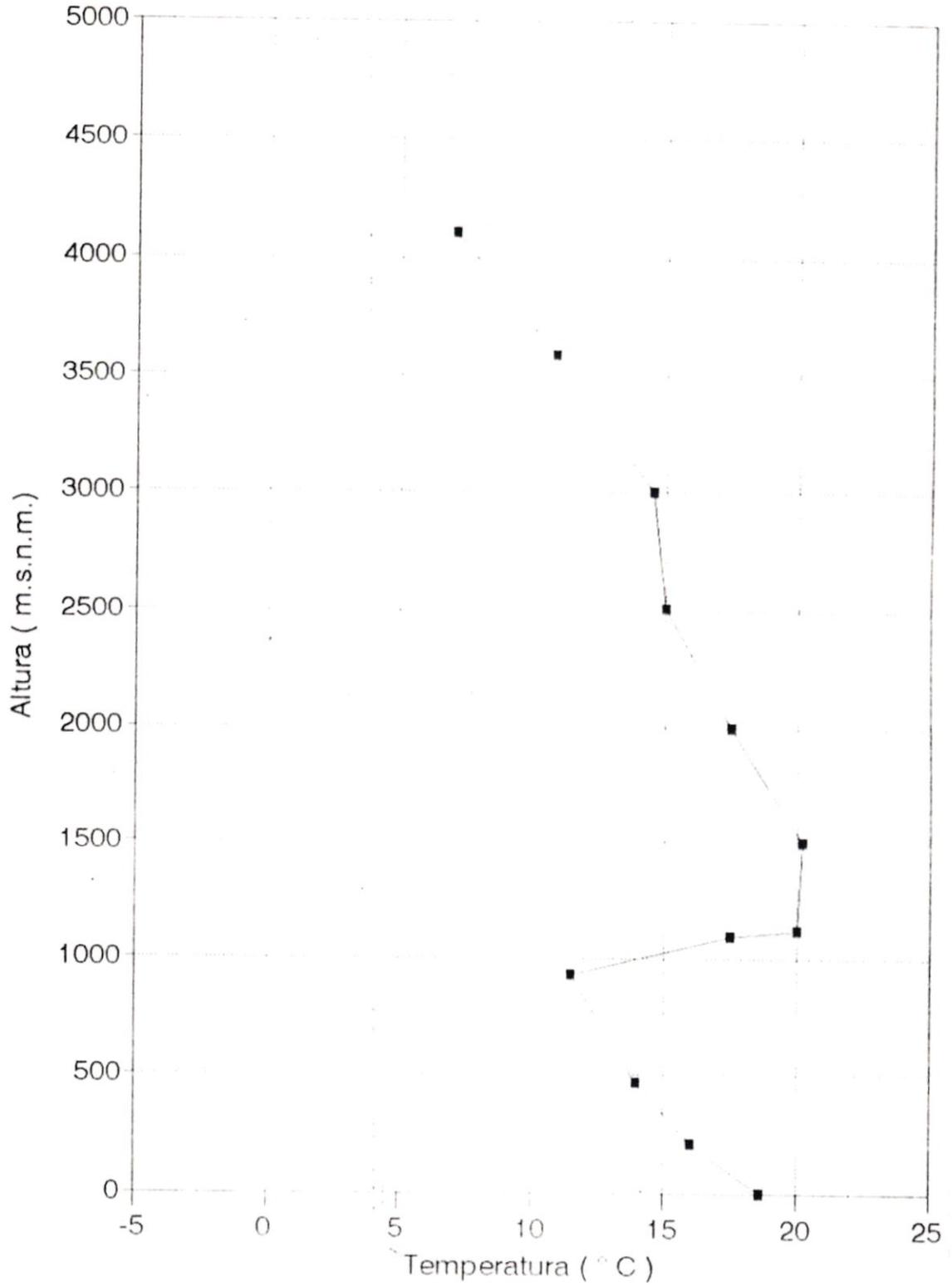


Figura 42

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 04/91 Hora: 07:00

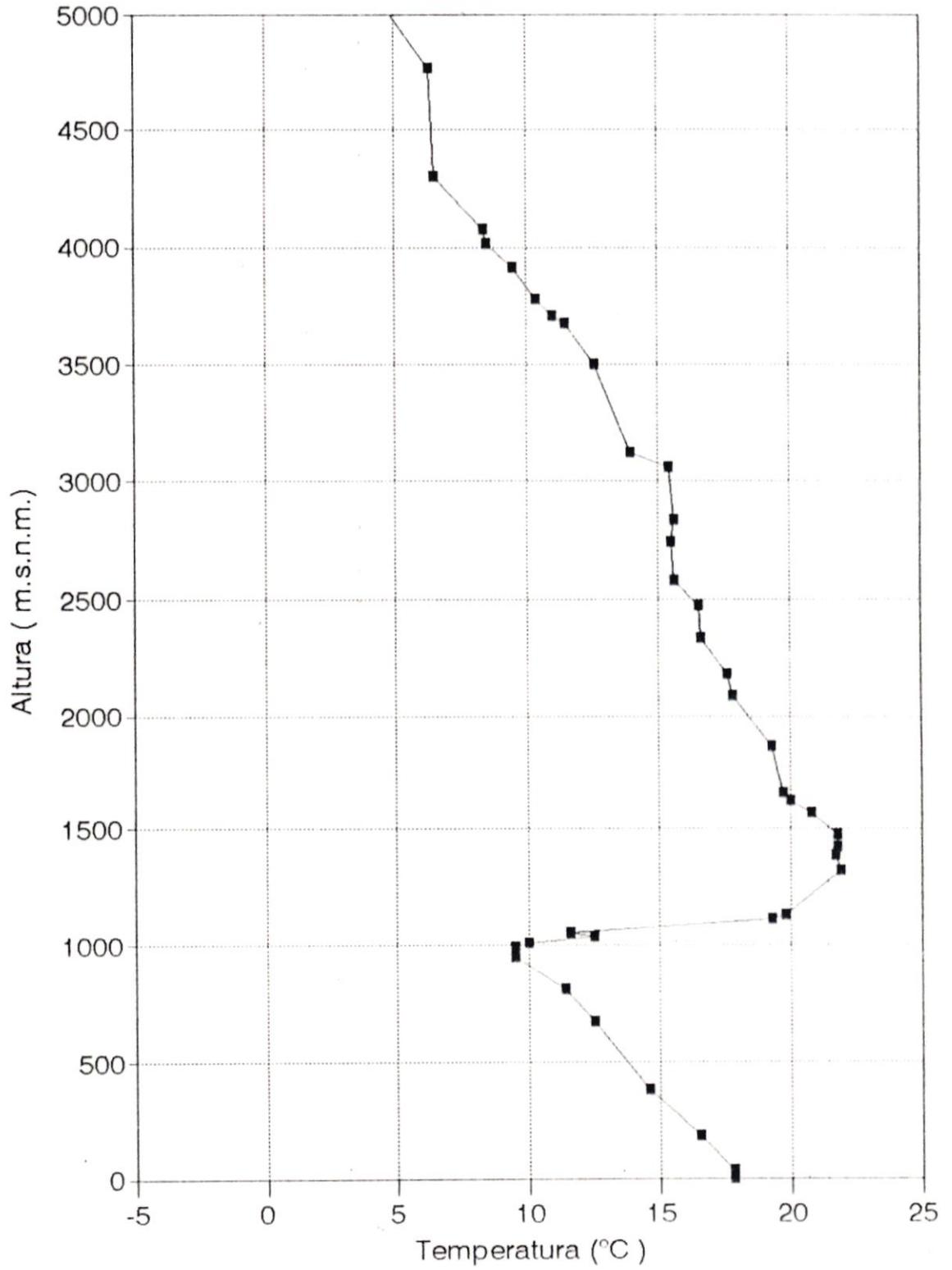


Figura 43

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 04/91. Hora: 09:00

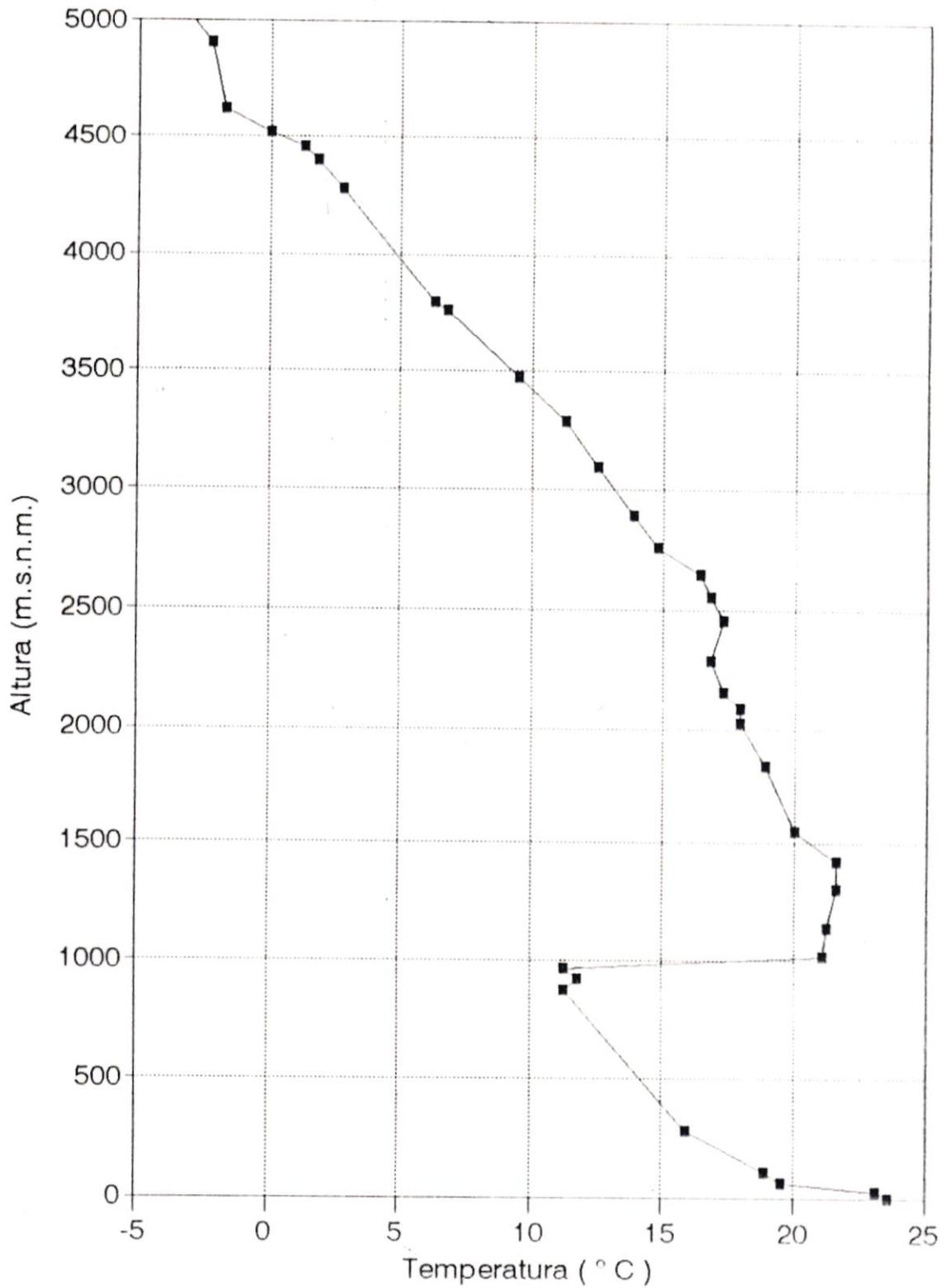


Figura 44

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 04/91. Hora: 11

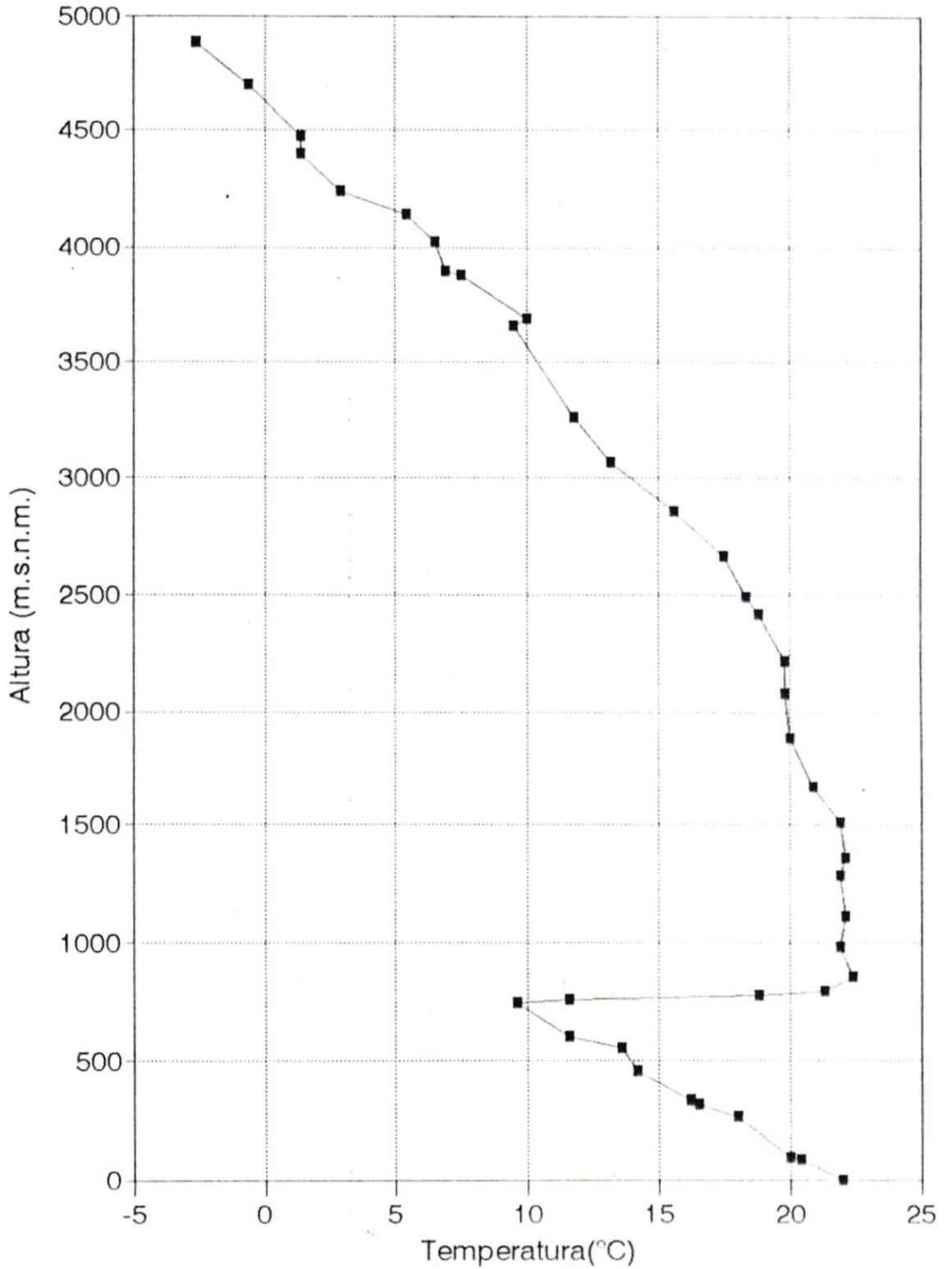


Figura 45

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 04/91. Hora: 13:00

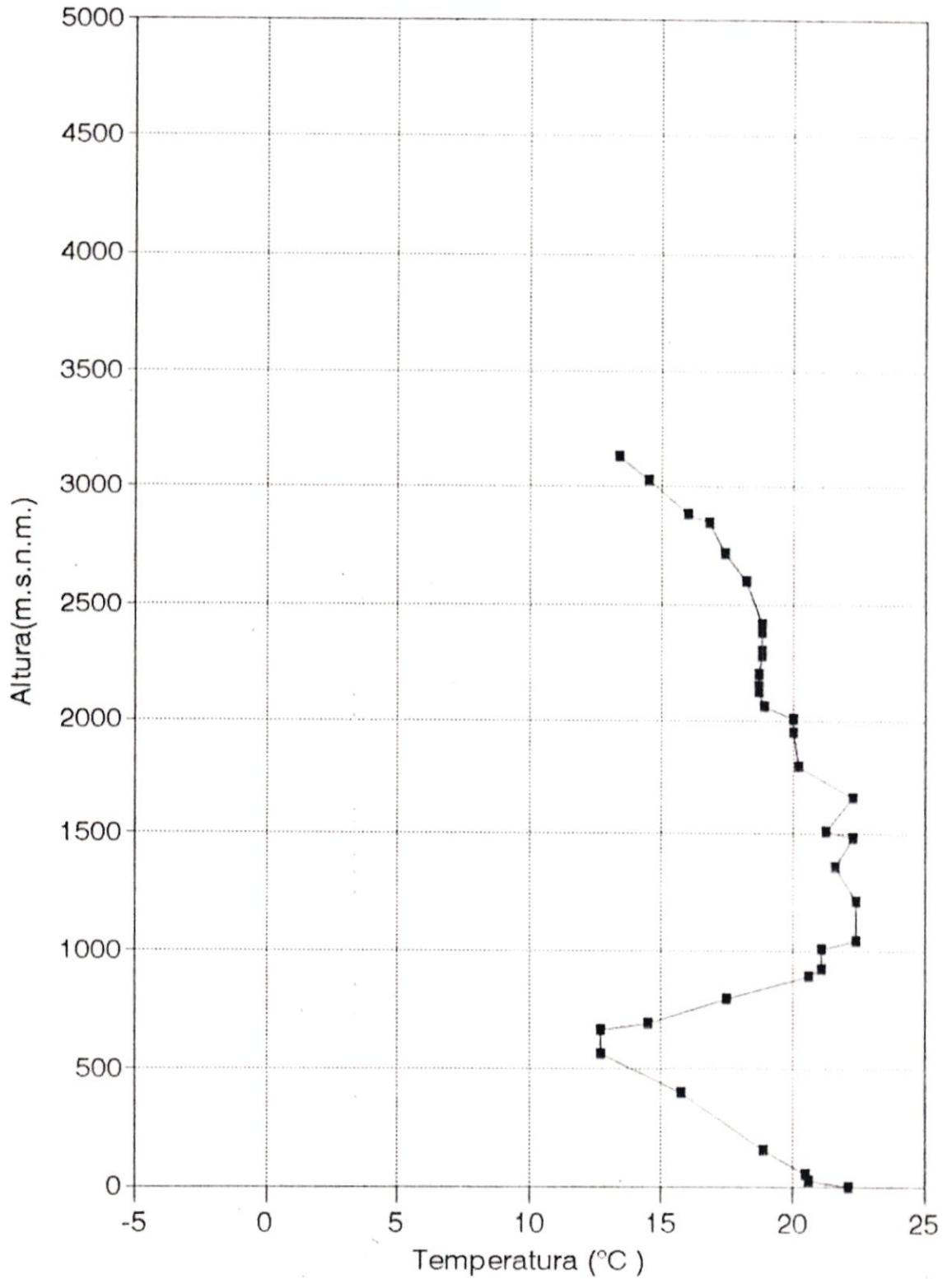


Figura 46

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 04/91. Hora: 15:00

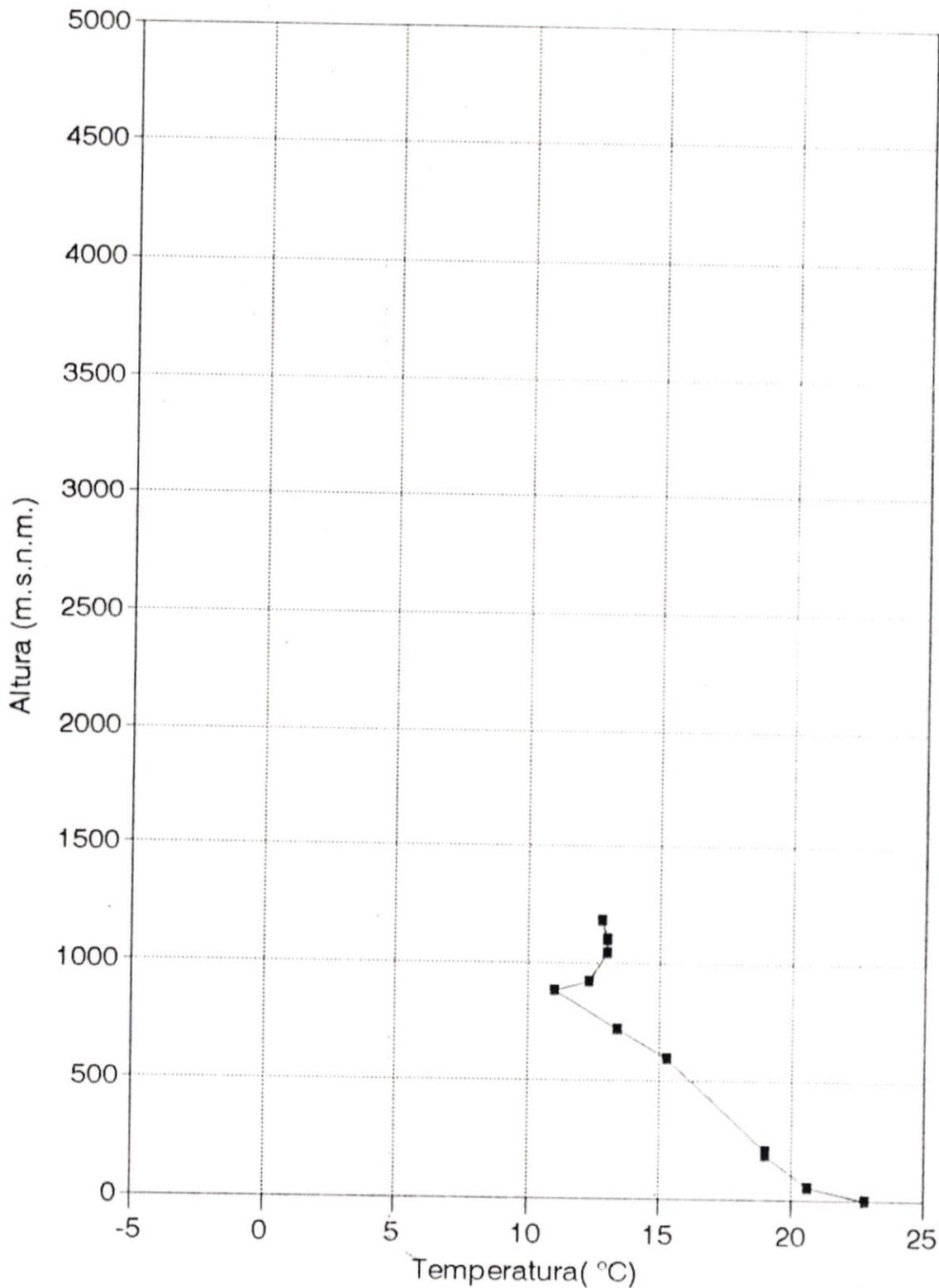


Figura 47

Perfil Vertical de Temperatura

ILO.Campaña Mayo 04/91.Hora: 16:50

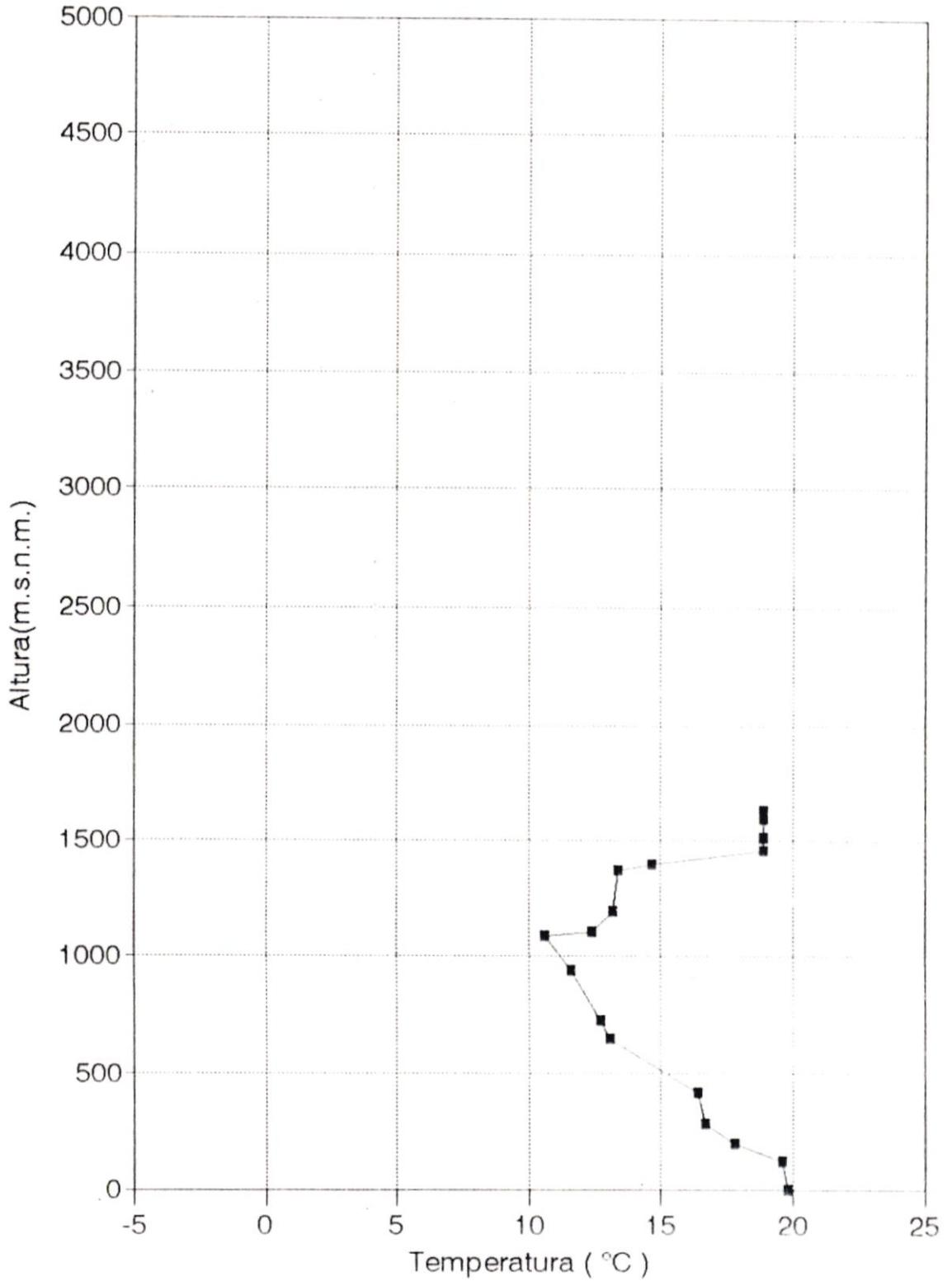


Figura 48

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 04/91. Hora: 20:00

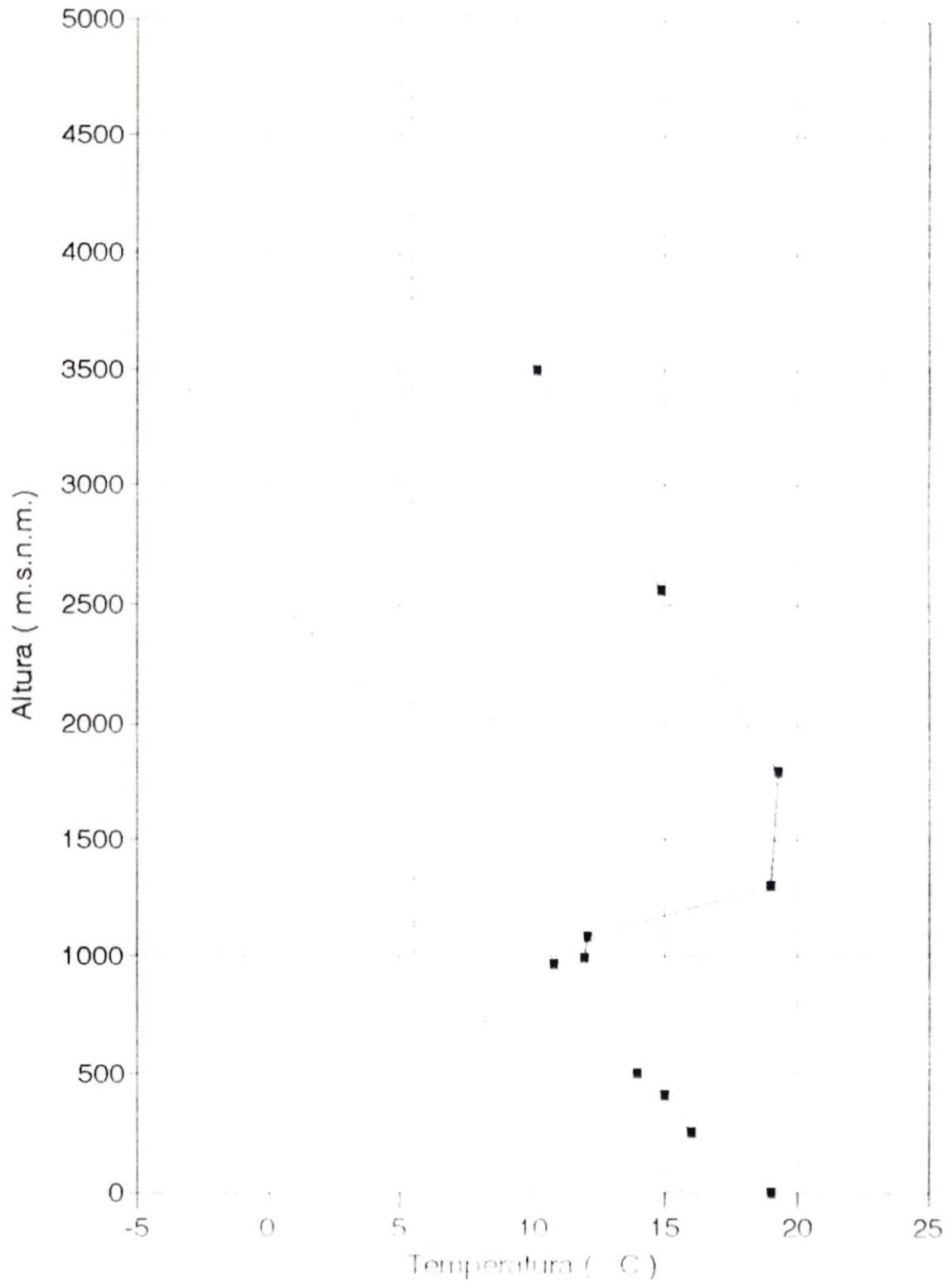


Figura 49

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 04/91 Hora: 23:00

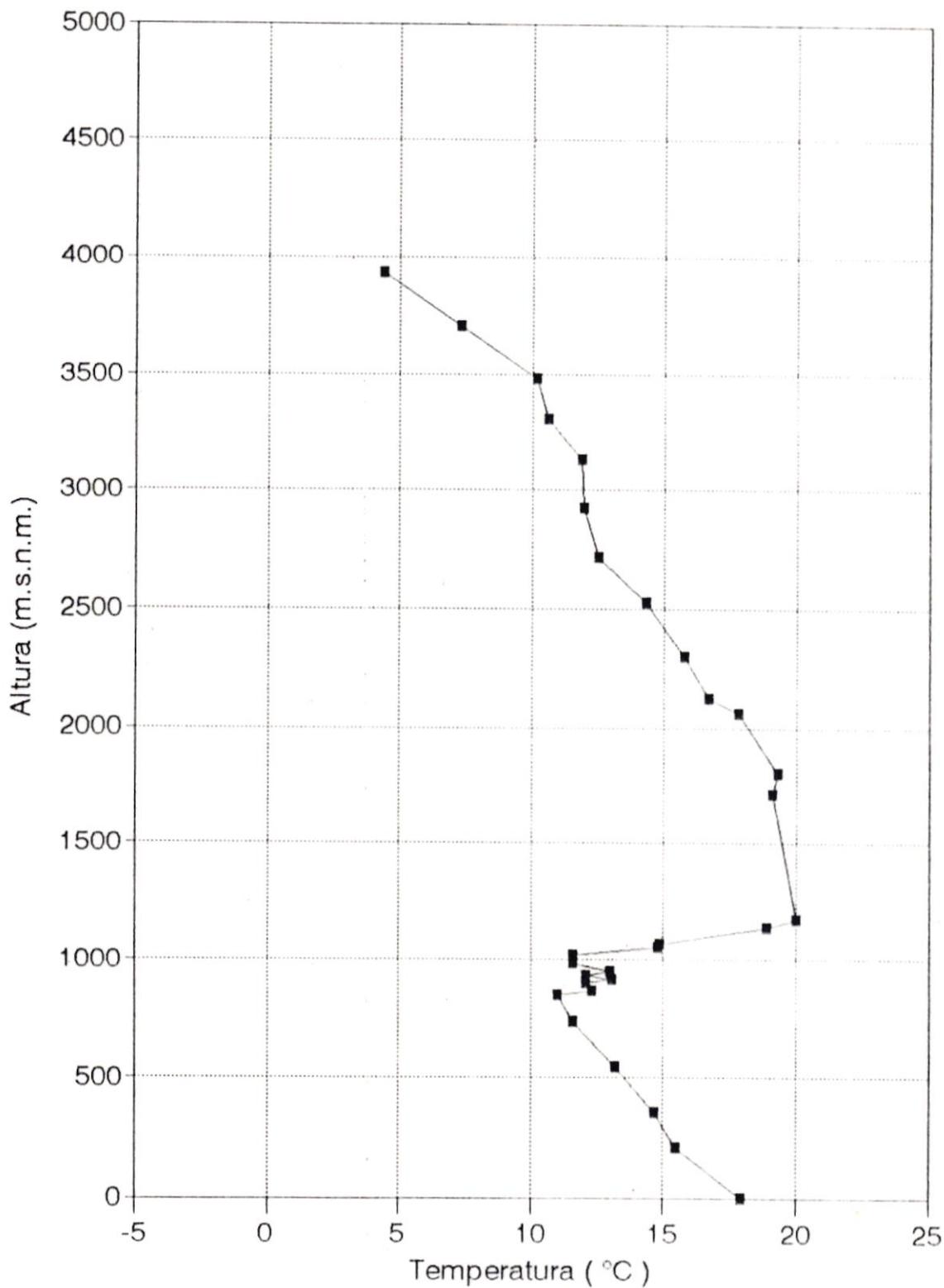


Figura 50

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 05/91. Hora: 02:00

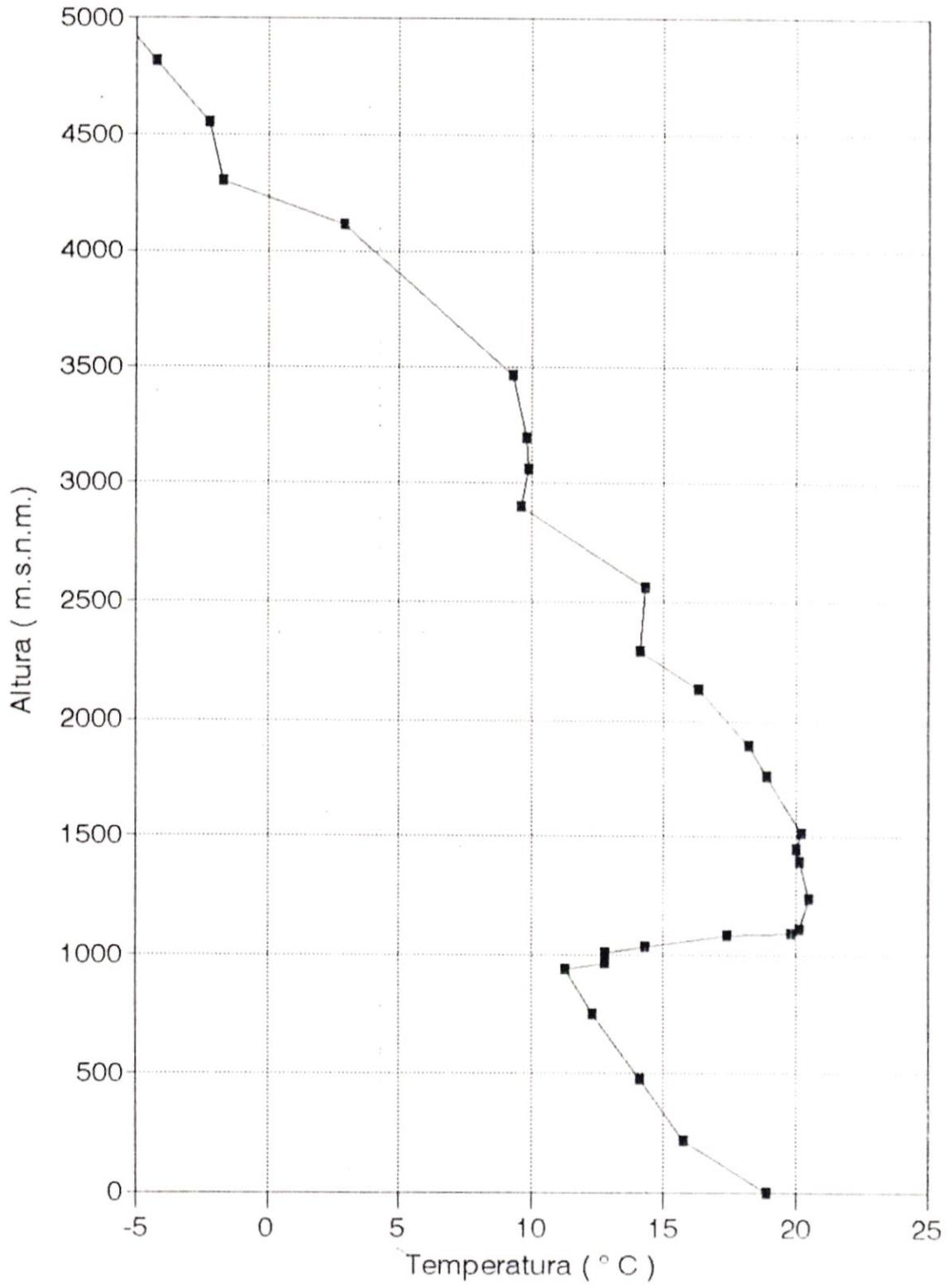


Figura 51

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 05/91. Hora: 05:00

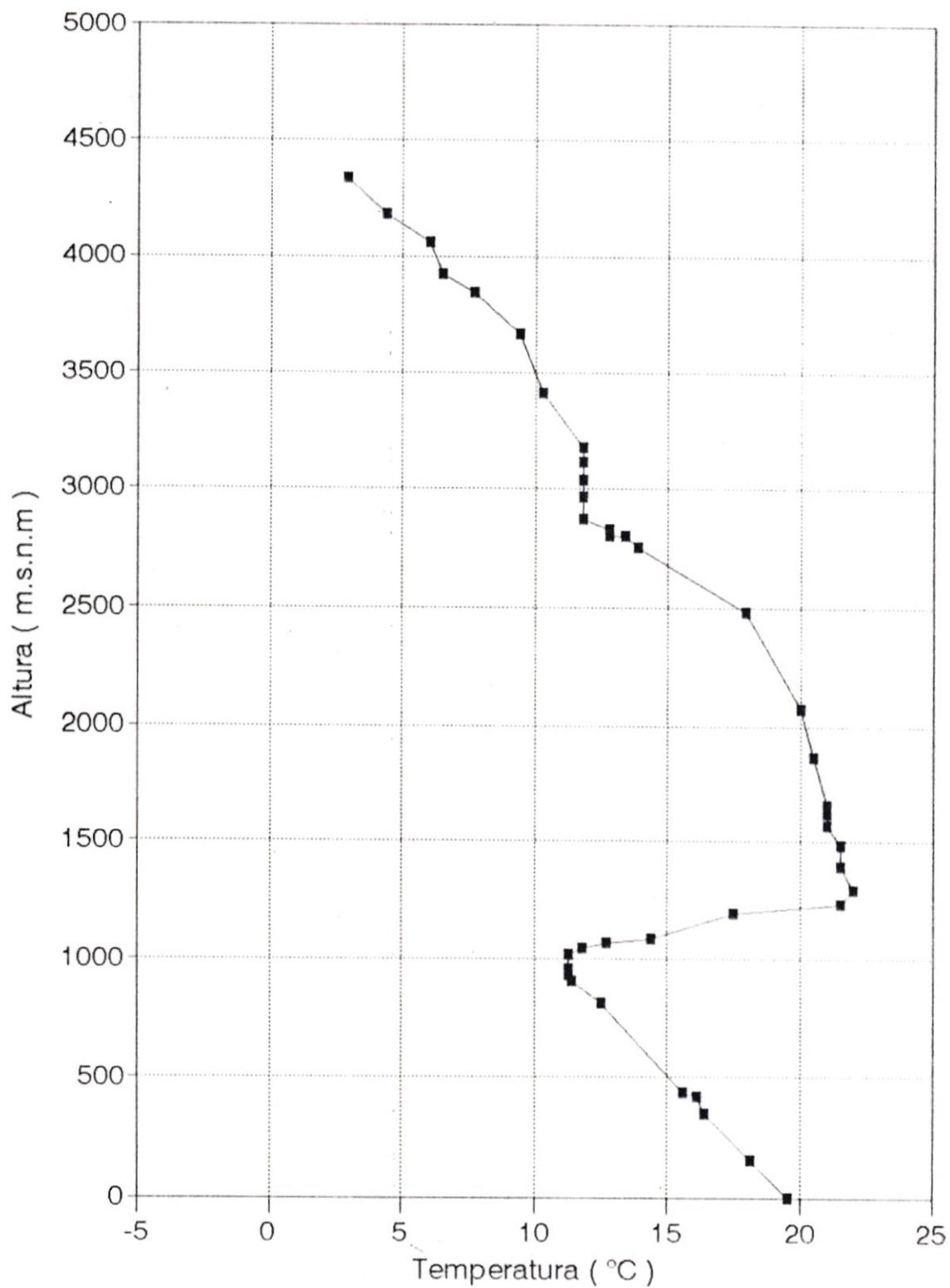


Figura 52

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Mayo 05/91. Hora: 08:00

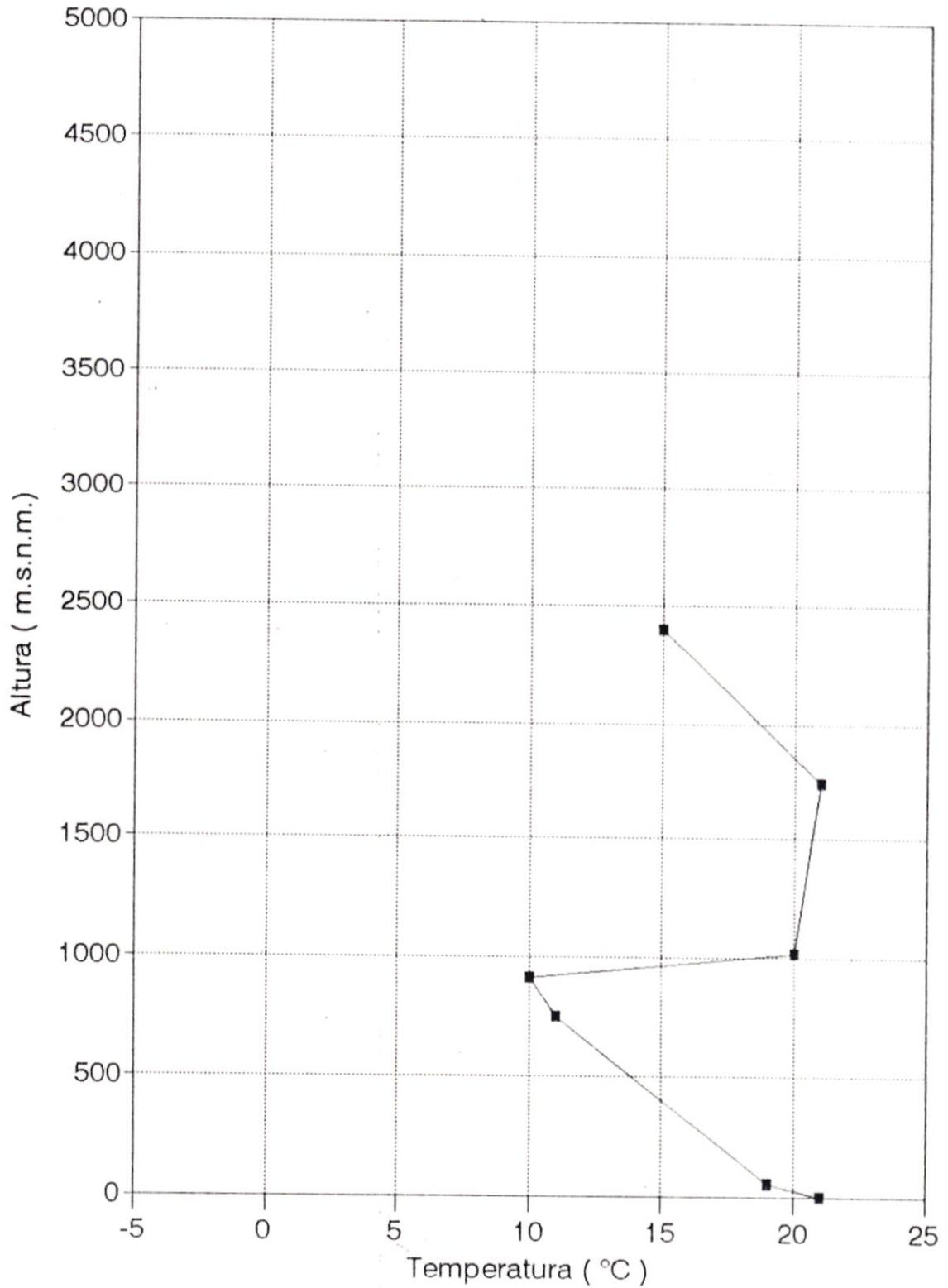


Figura 53

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 05/91. Hora: 10:00

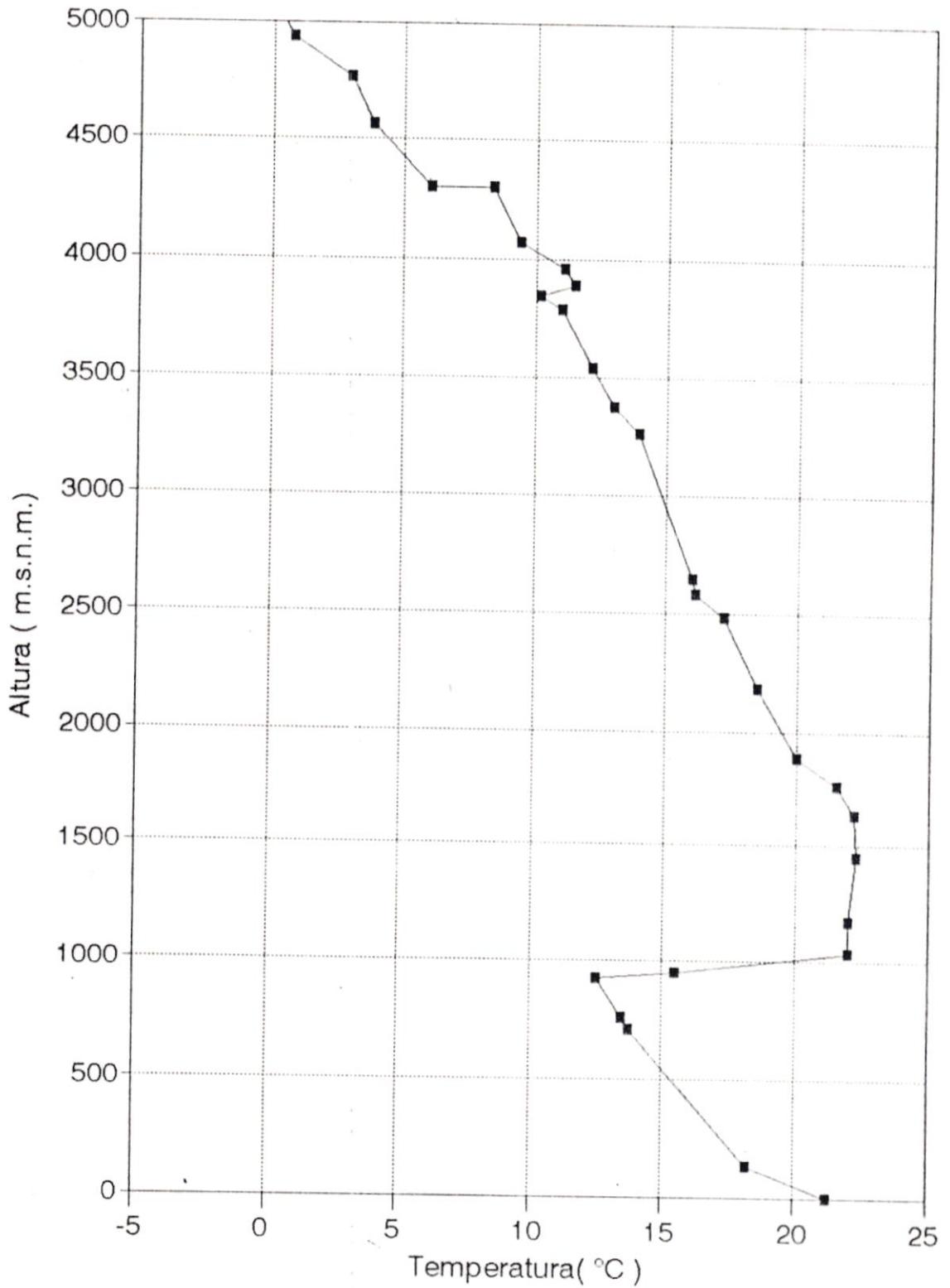


Figura 54

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 05/91. Hora: 11:00

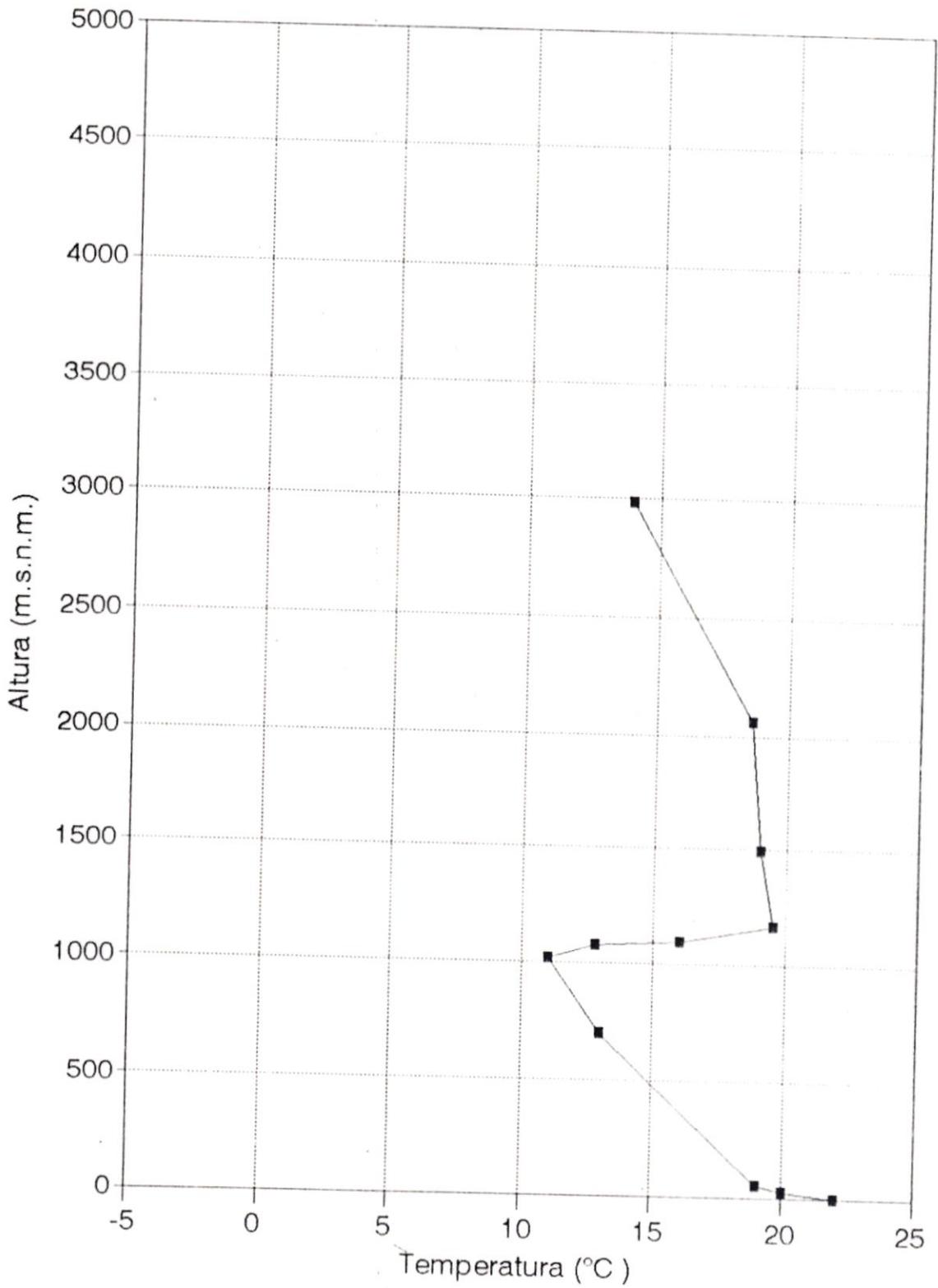


Figura 55

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 05/91. Hora: 13:00

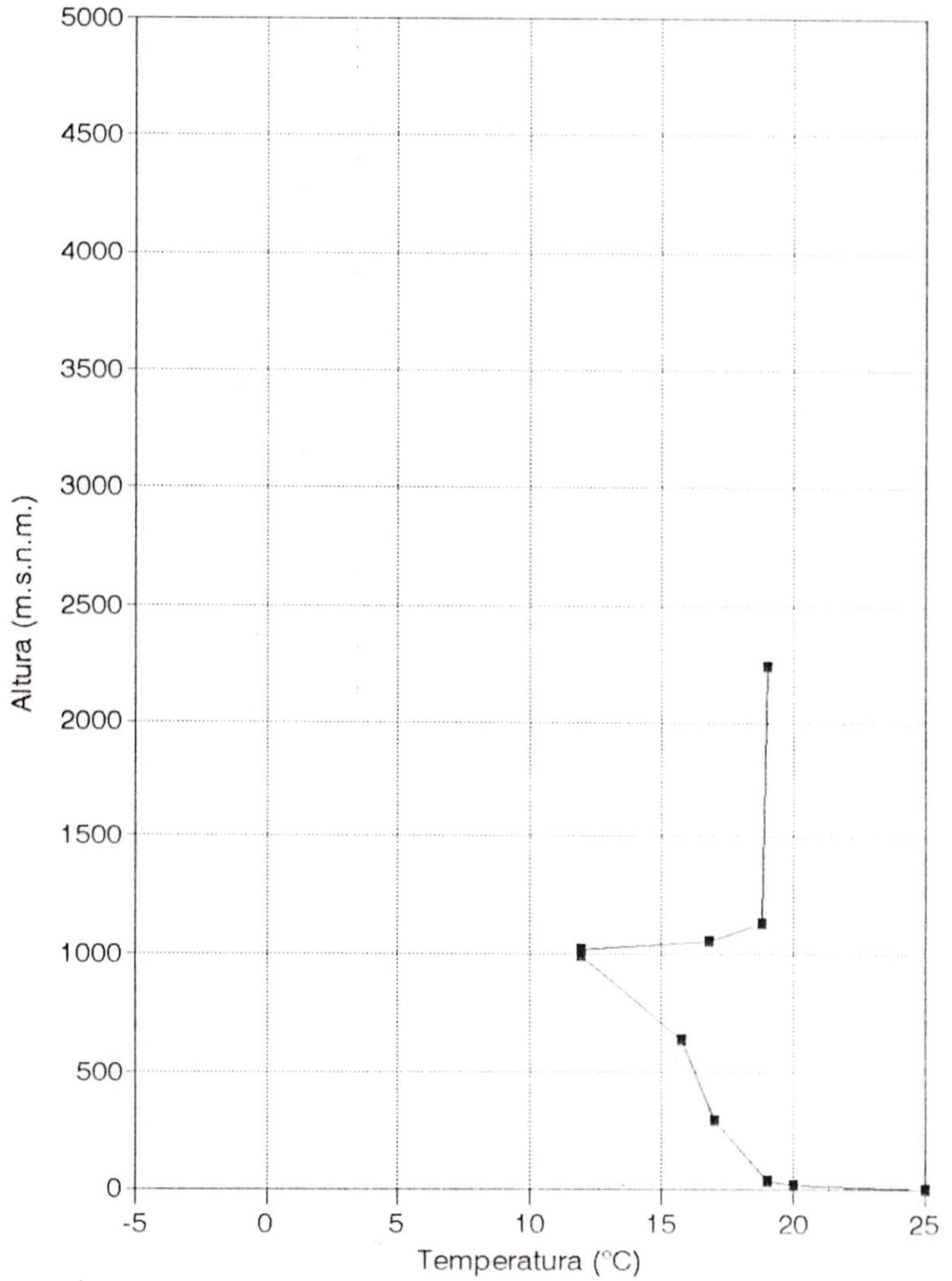


Figura 56

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 05/91. Hora: 16:00

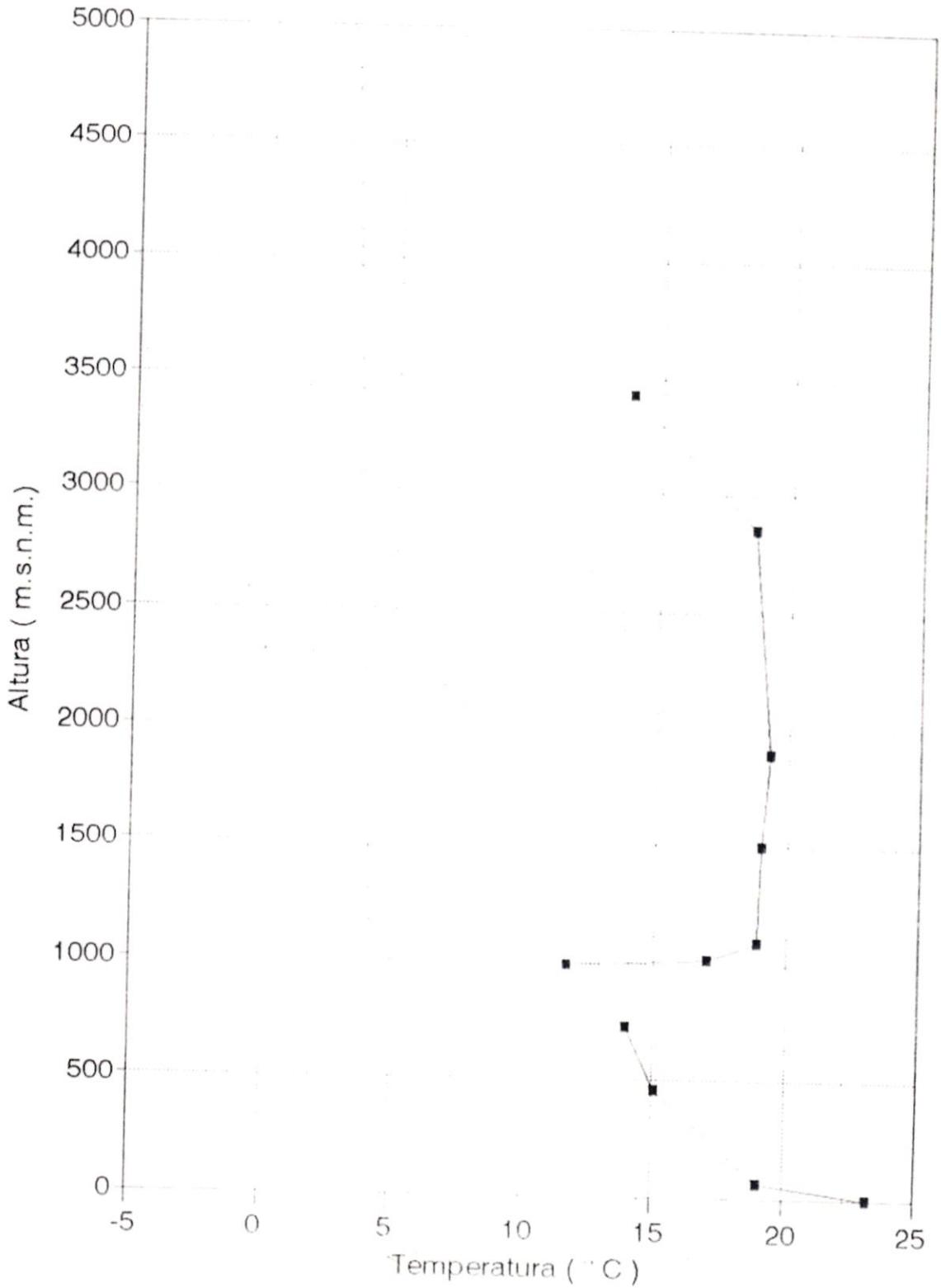


Figura 57

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 05/91. Hora: 19:00

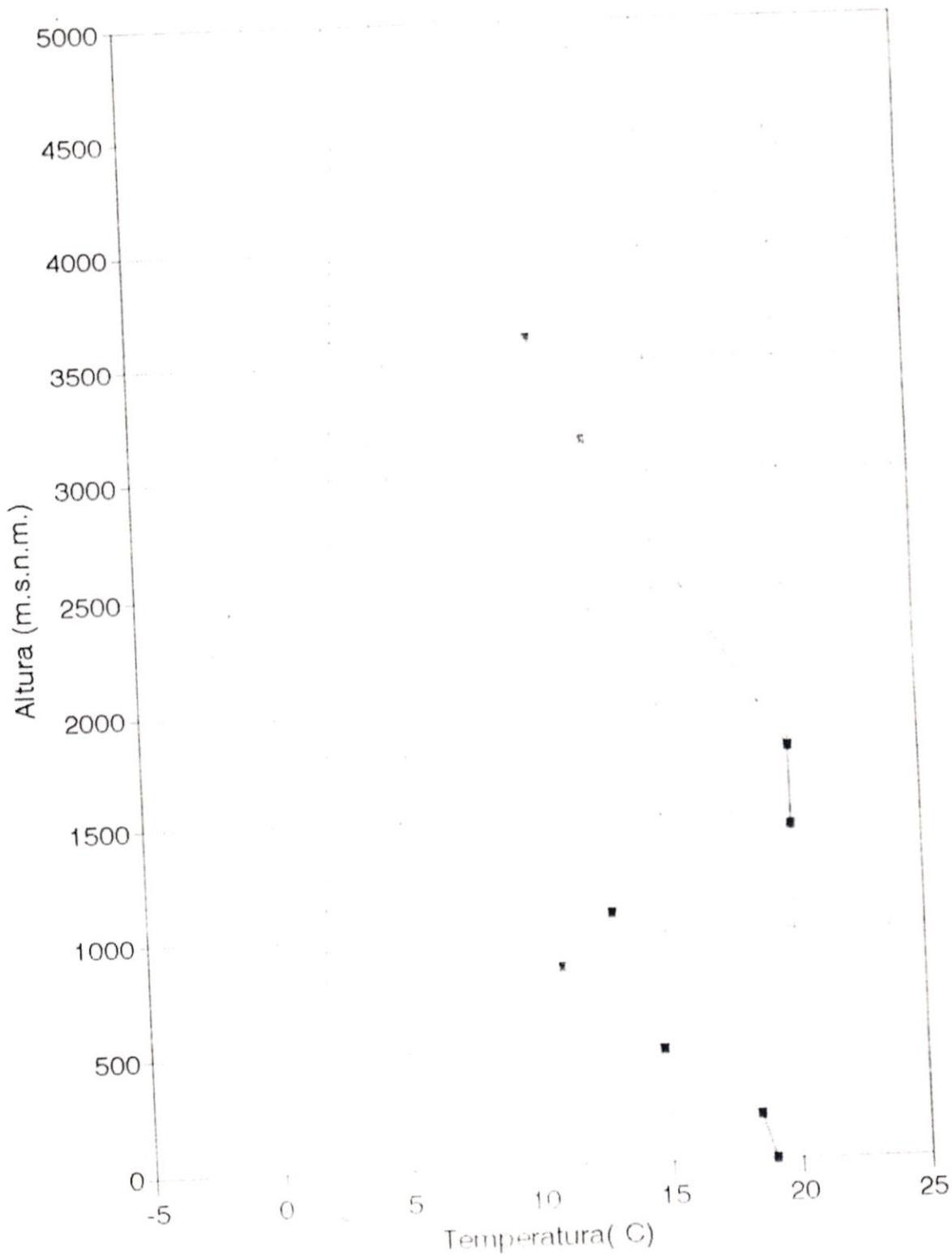


Figura 58

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 05/91. Hora: 21:00

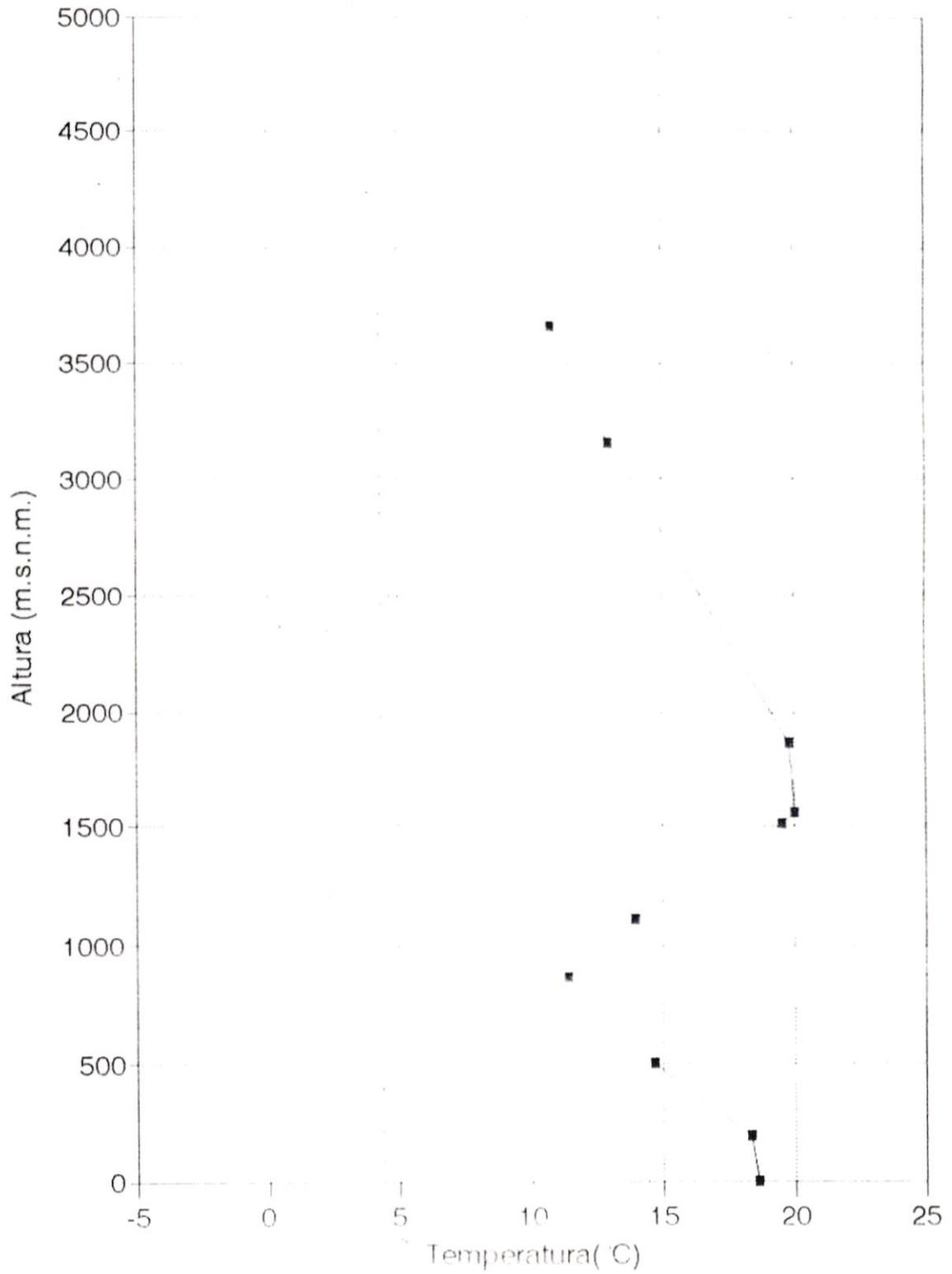


Figura 59

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 06/91. Hora: 04:00

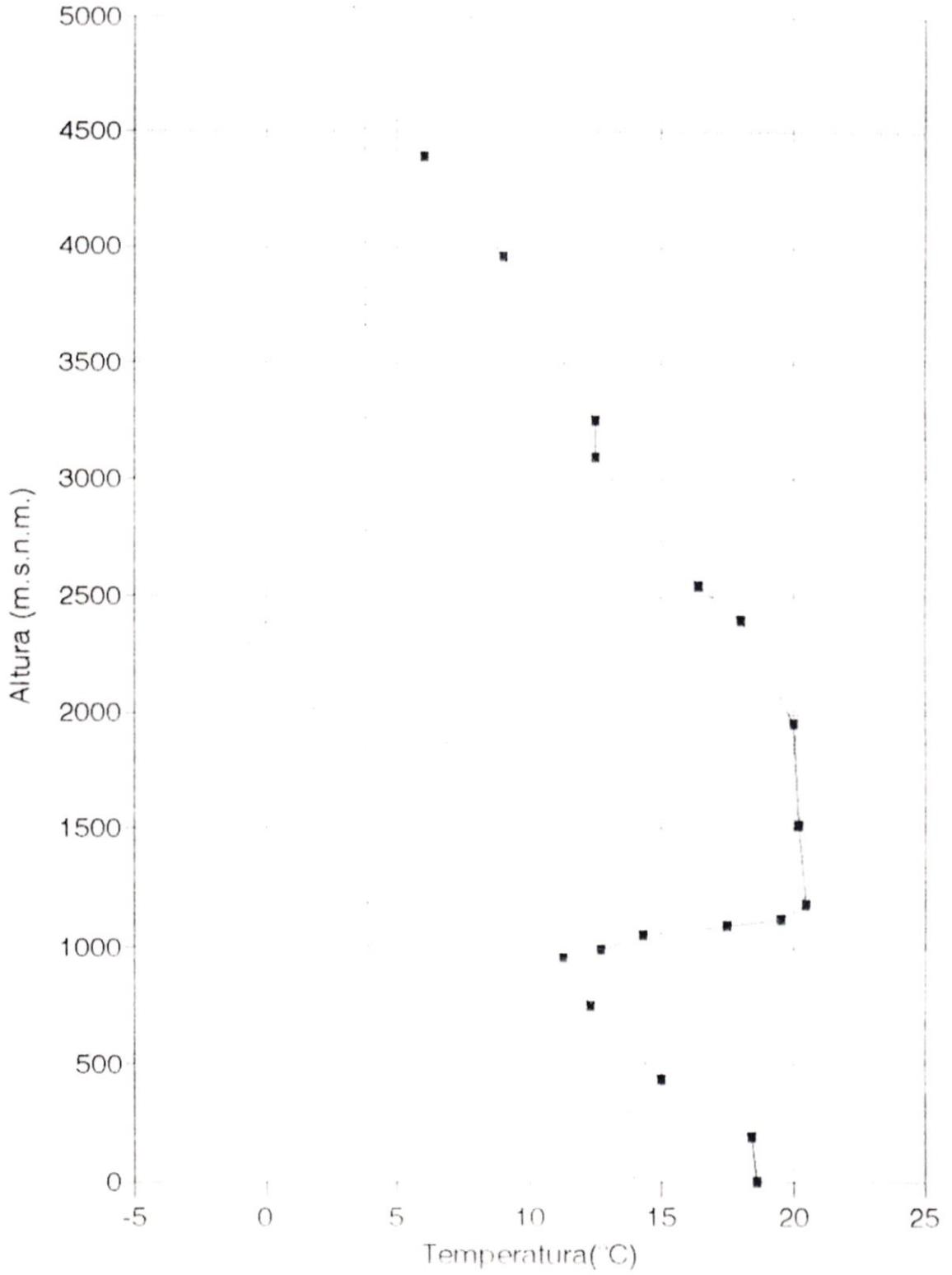


Figura 60

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 06/91. Hora: 07:00

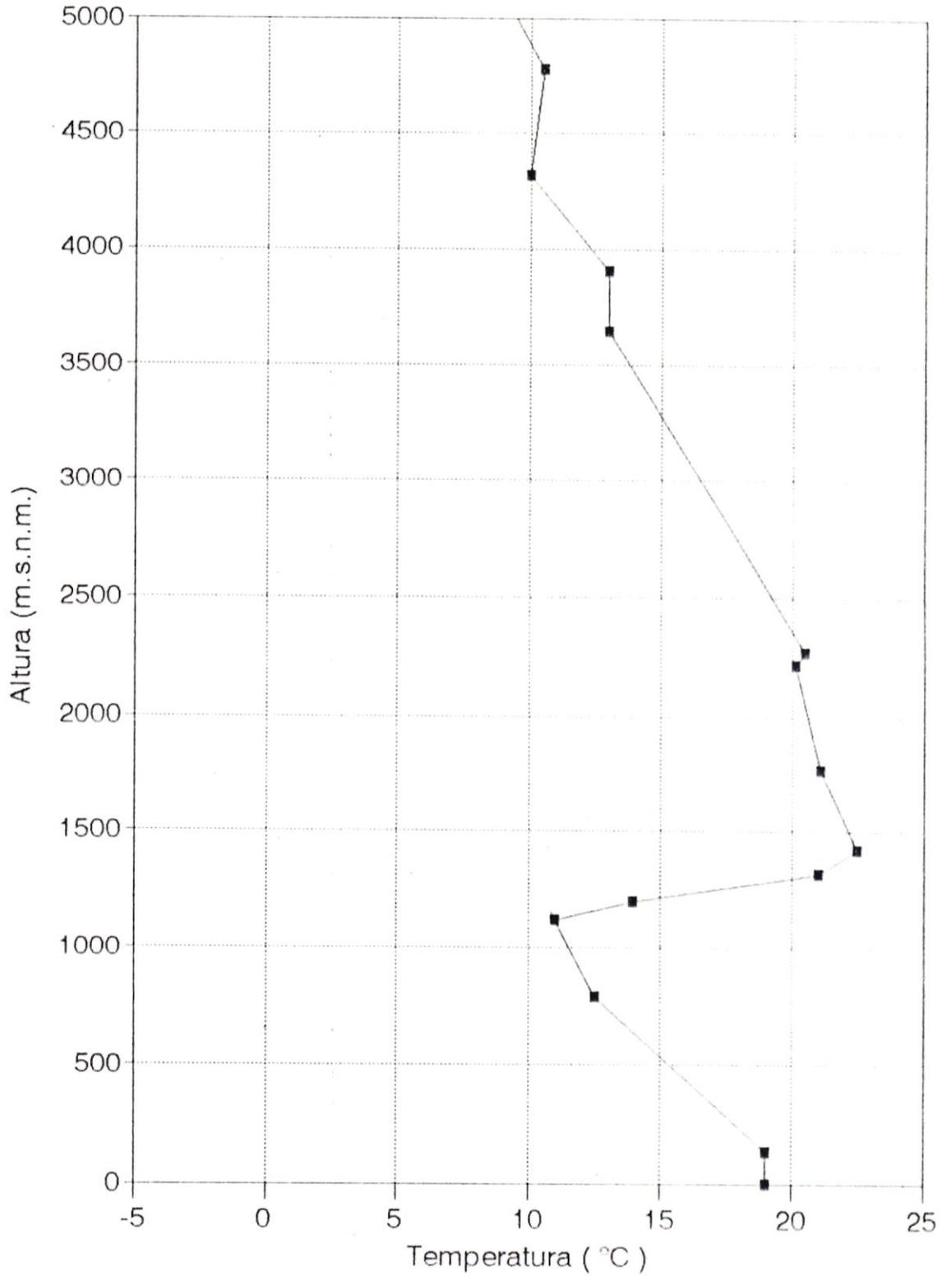


Figura 61

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 06/91. Hora: 08:00

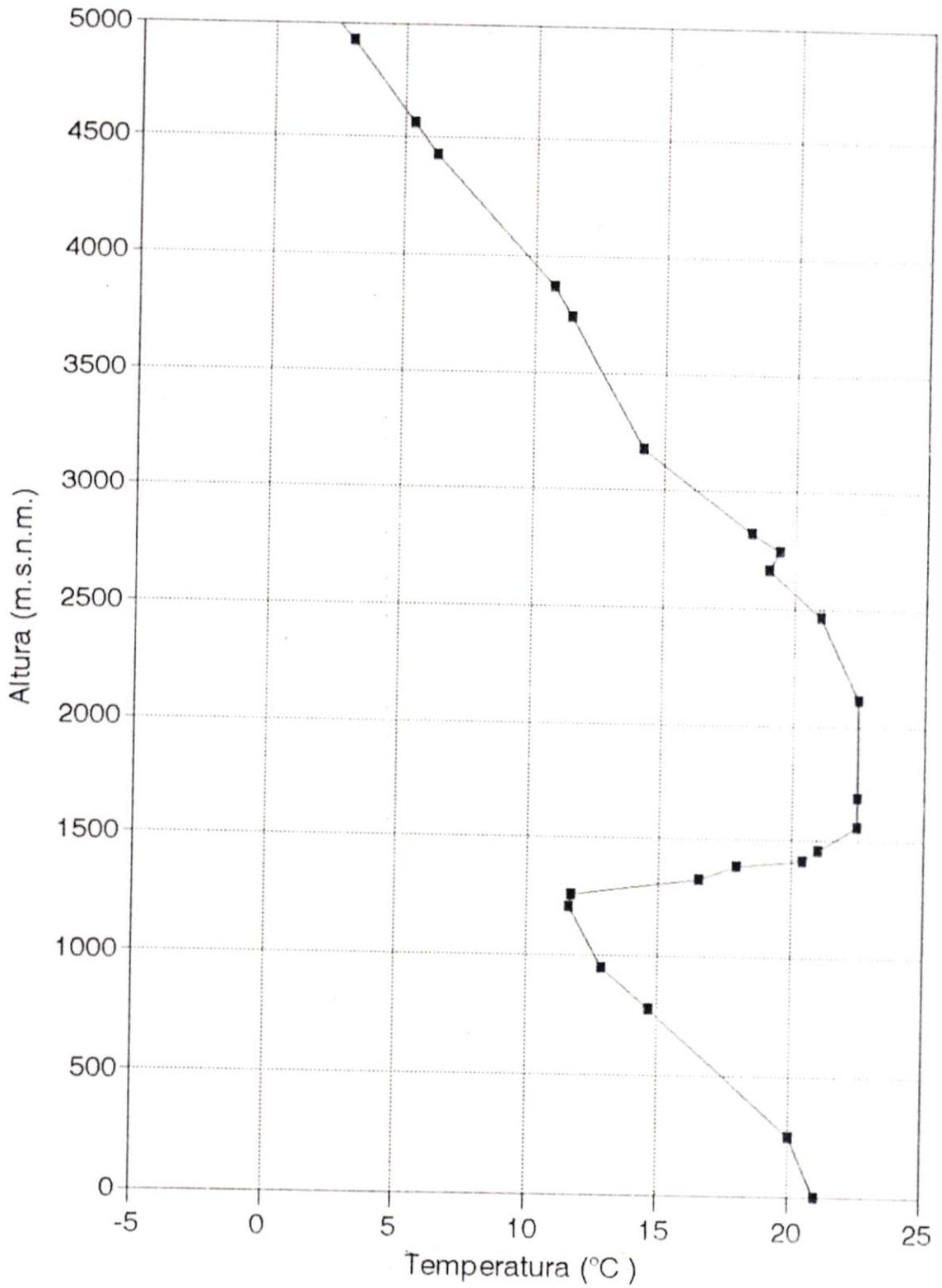


Figura 62

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 06/91. Hora: 10:00

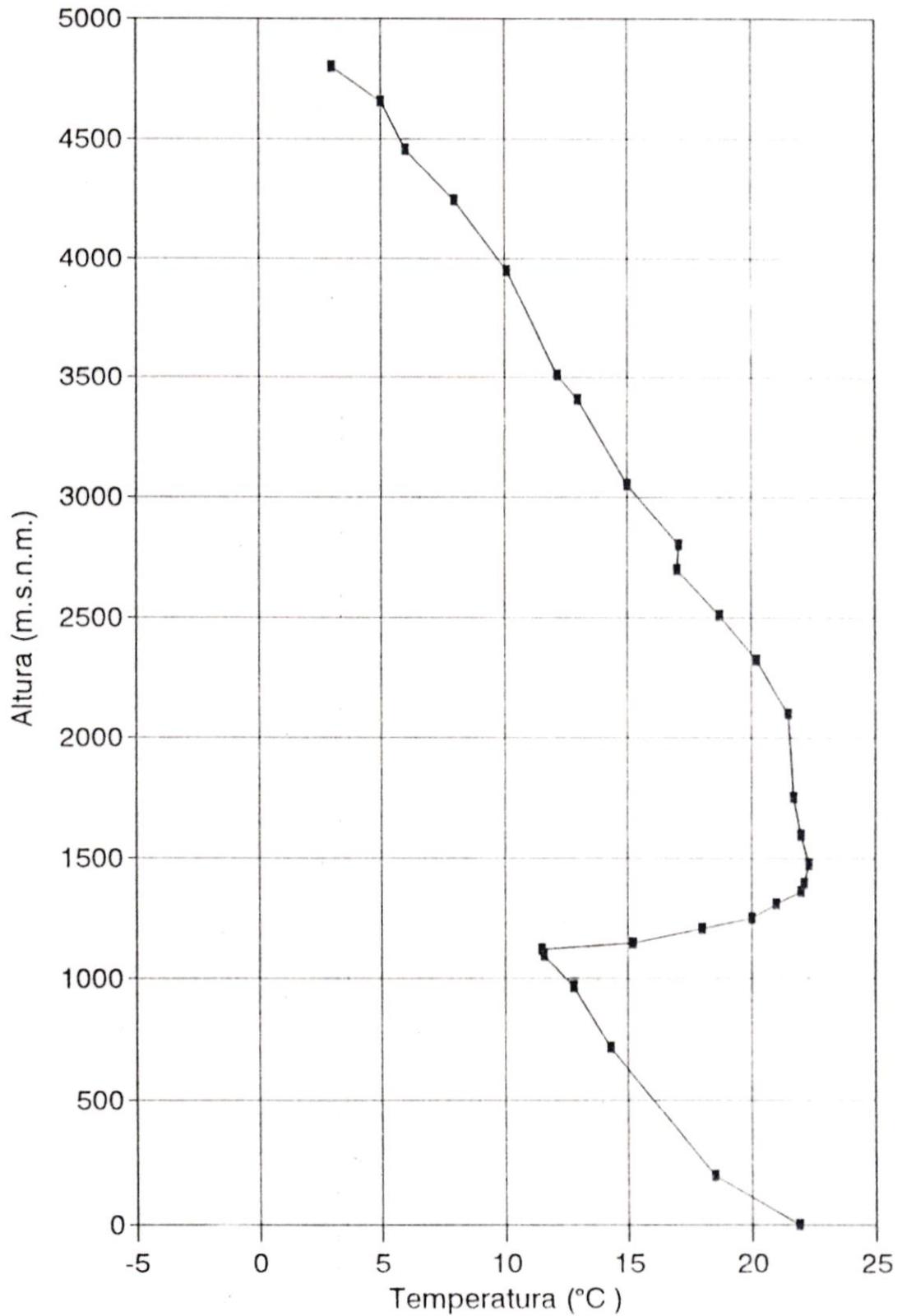


Figura 63

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 06/91. Hora: 12:00

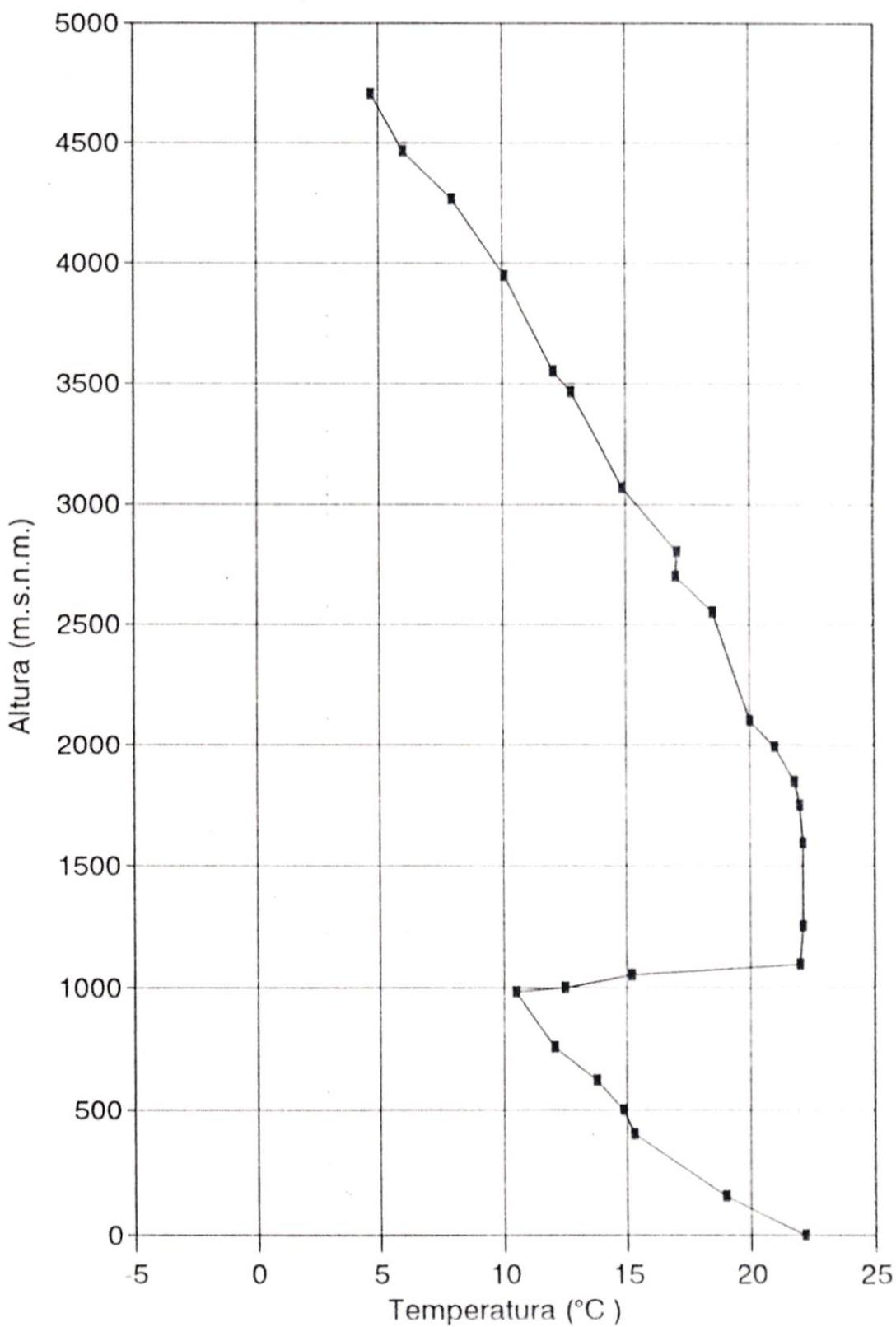


Figura 64

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 06/91. Hora: 15:00

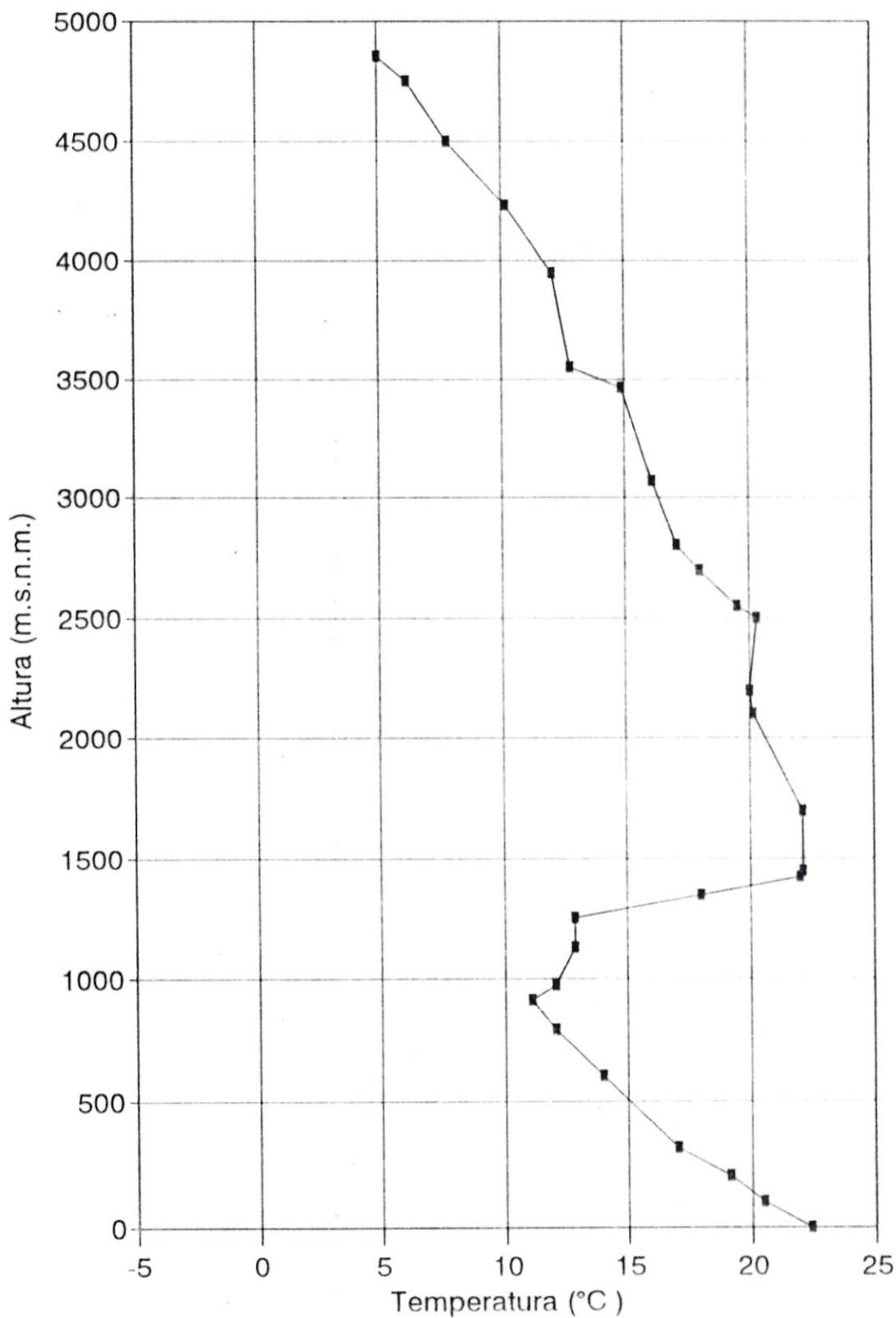


Figura 65

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 06/91. Hora: 19:00

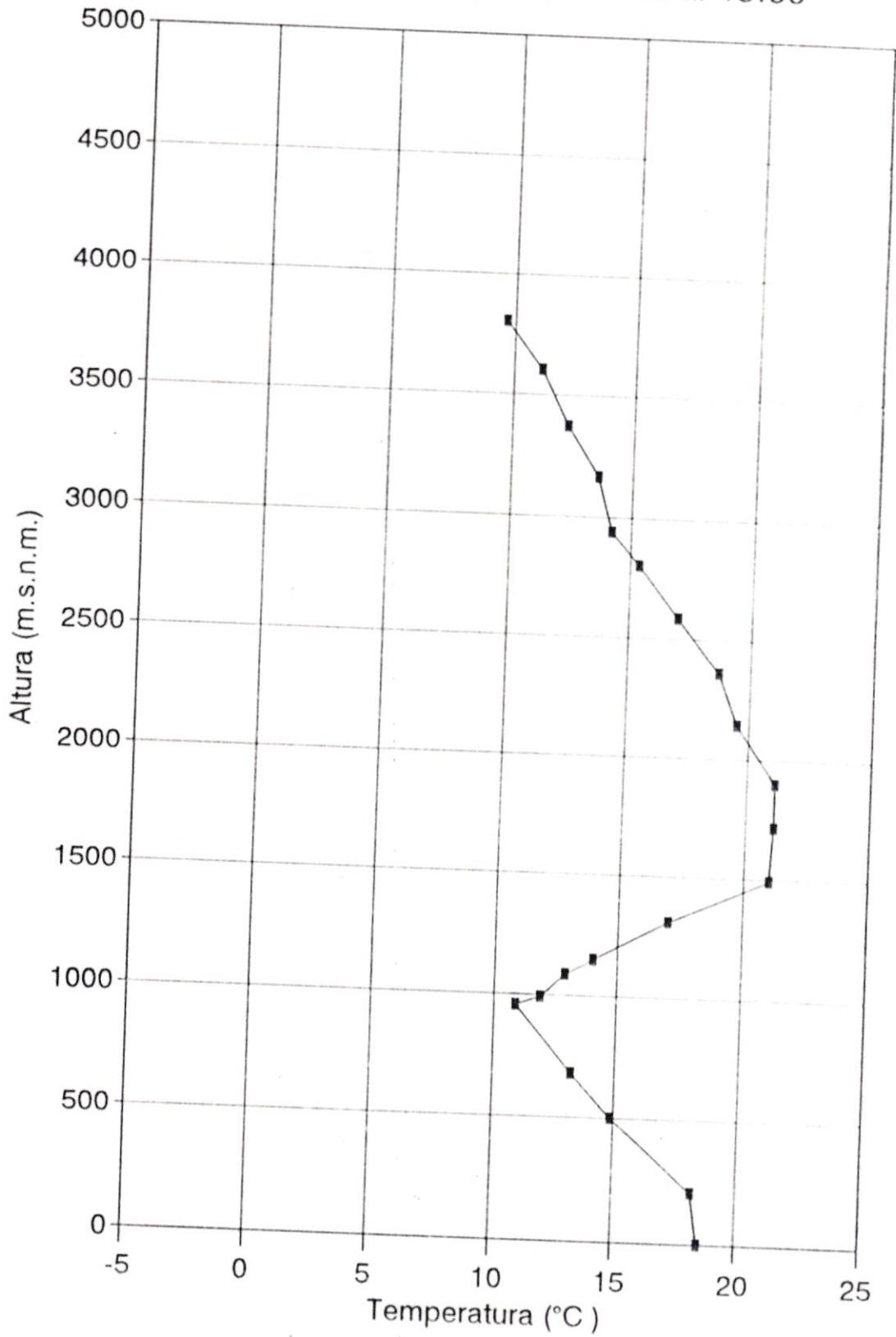


Figura 66

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Mayo 06/91. Hora: 21:00

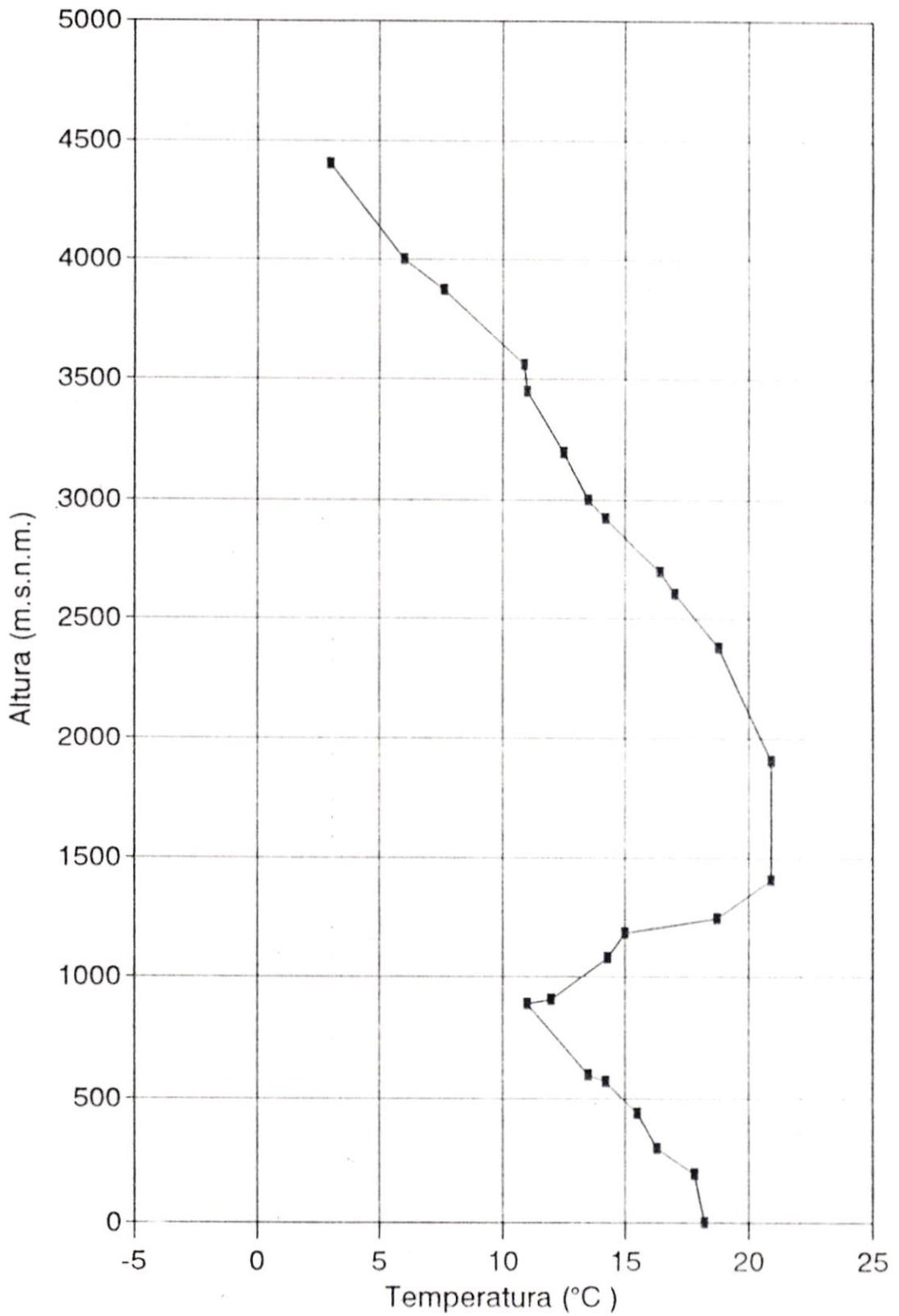


Figura 67

Perfil Vertical de Temperatura

Valle ILO. Mayo 07/91 Hora:09:00

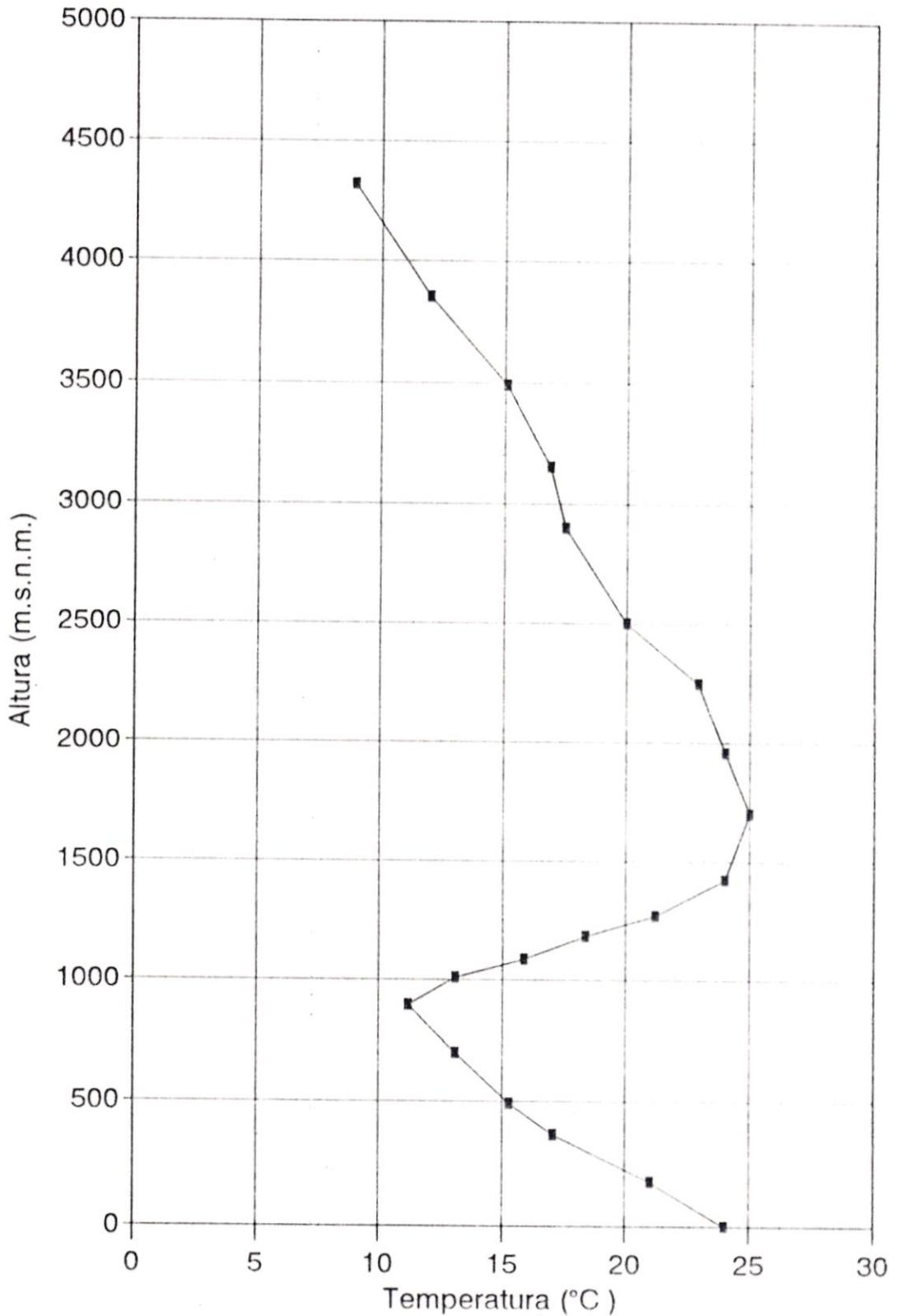


Figura 68

Perfil Vertical de Temperatura

Valle ILO. Mayo 07/91 Hora: 12:00

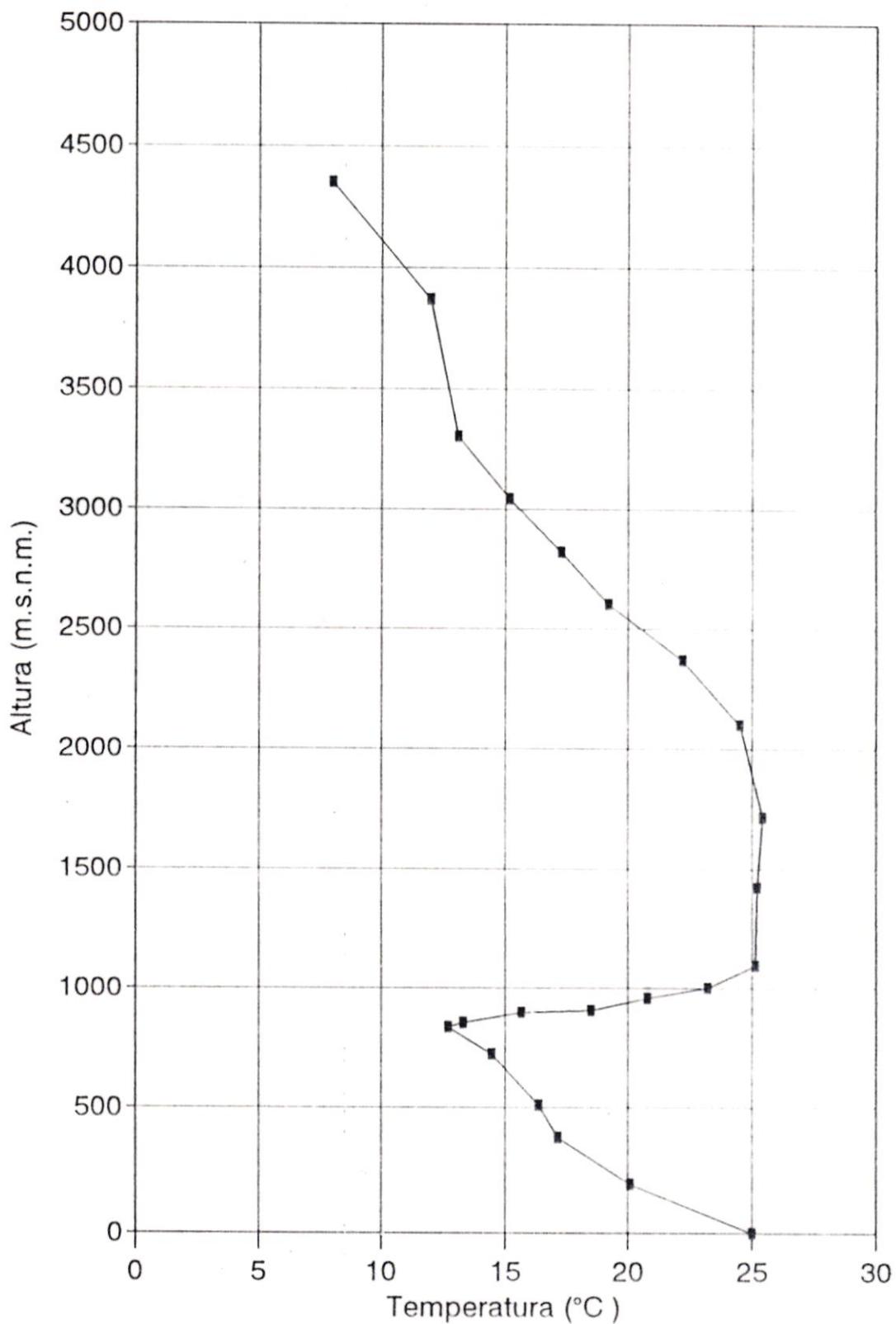


Figura 69

Perfil Vertical de Temperatura

Valle ILO. Mayo 07/91 Hora:15:00

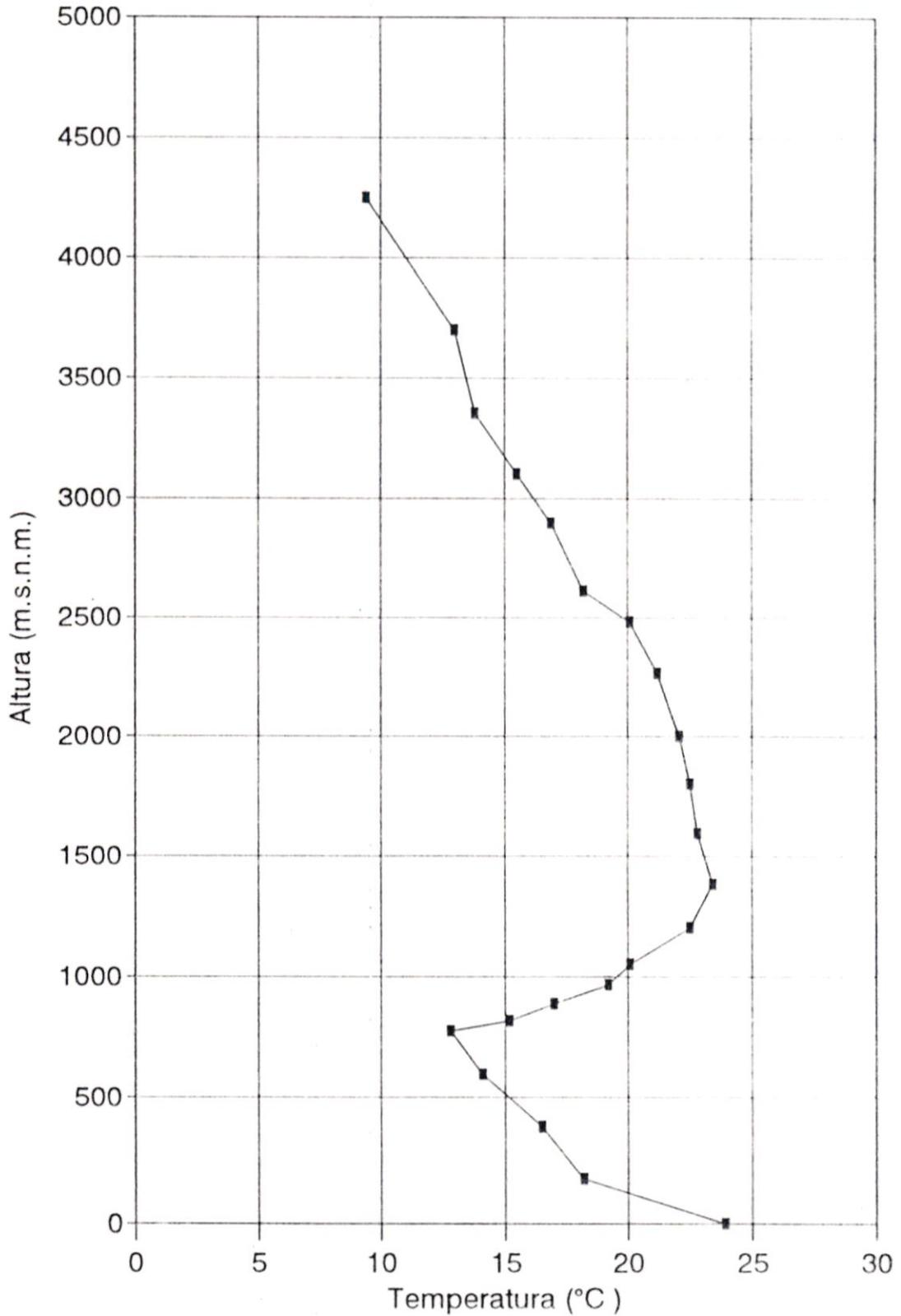


Figura 70

Perfil Vertical de Temperatura

Valle ILO. Mayo 07/91 Hora:17:30

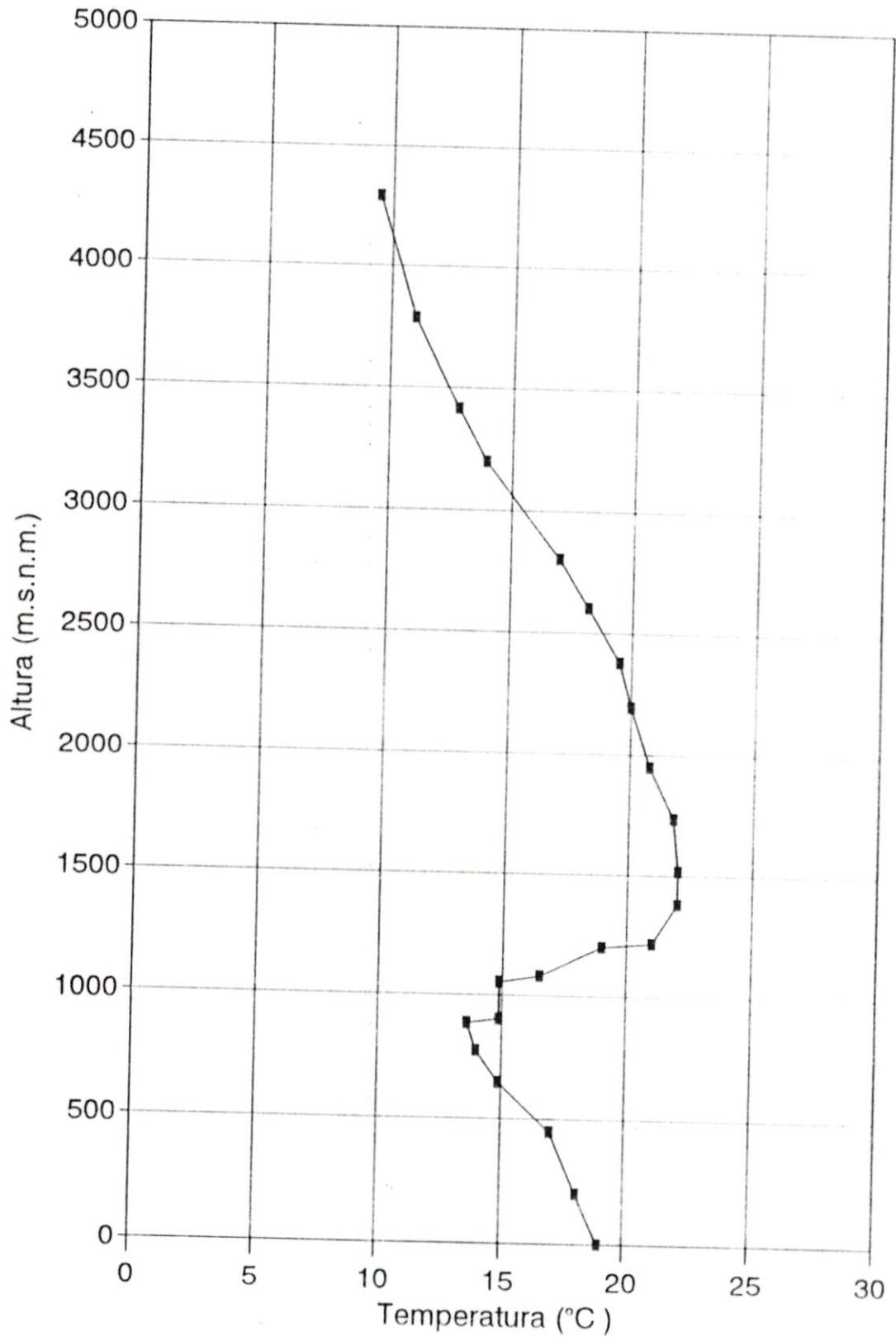
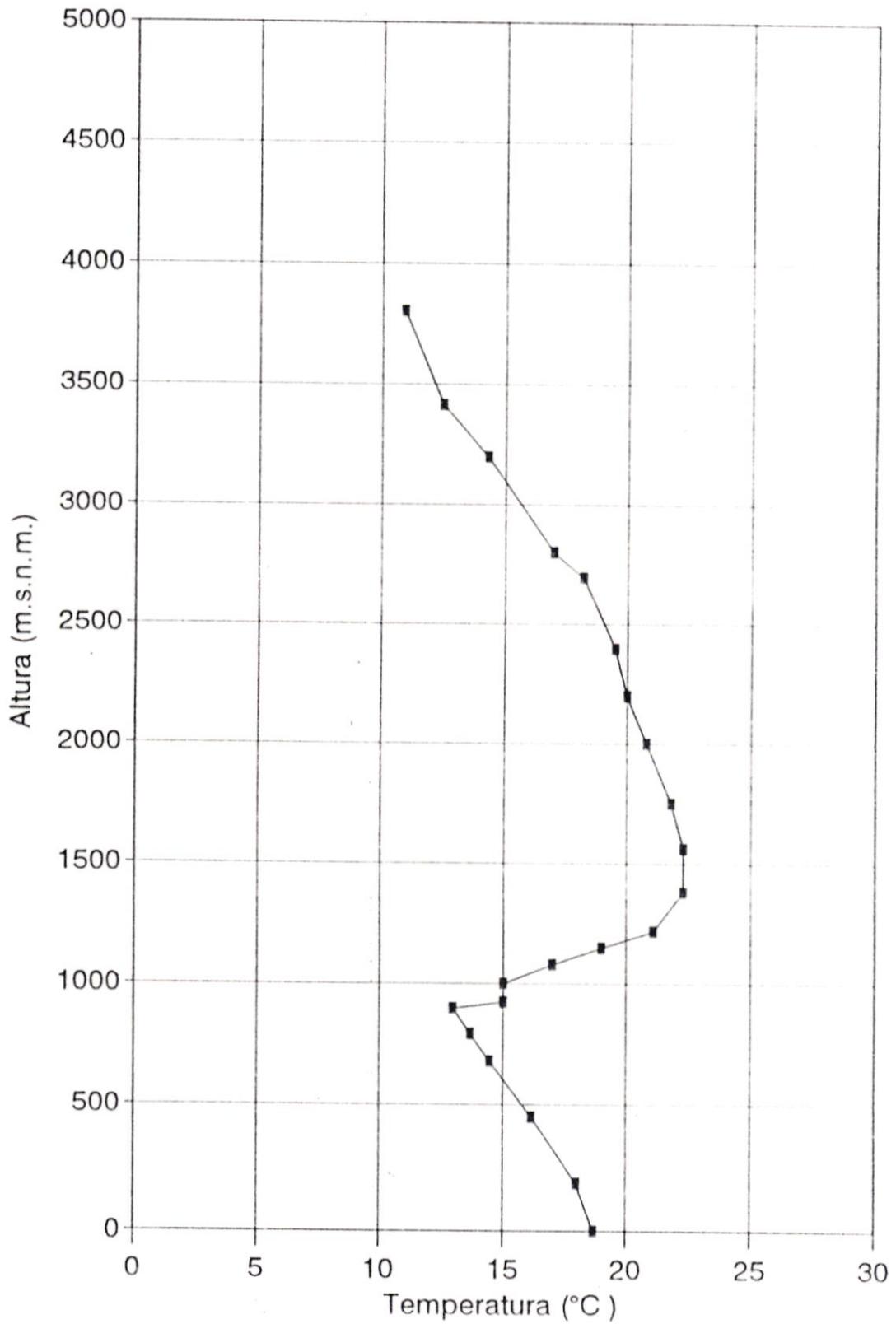


Figura 71

Perfil Vertical de Temperatura

Valle ILO. Mayo 07/91 Hora:19:00



DISTRIBUCION TEMPORAL DE LA INVERSION PUERTO DE ILO - 3 AL 6 MAYO 1991

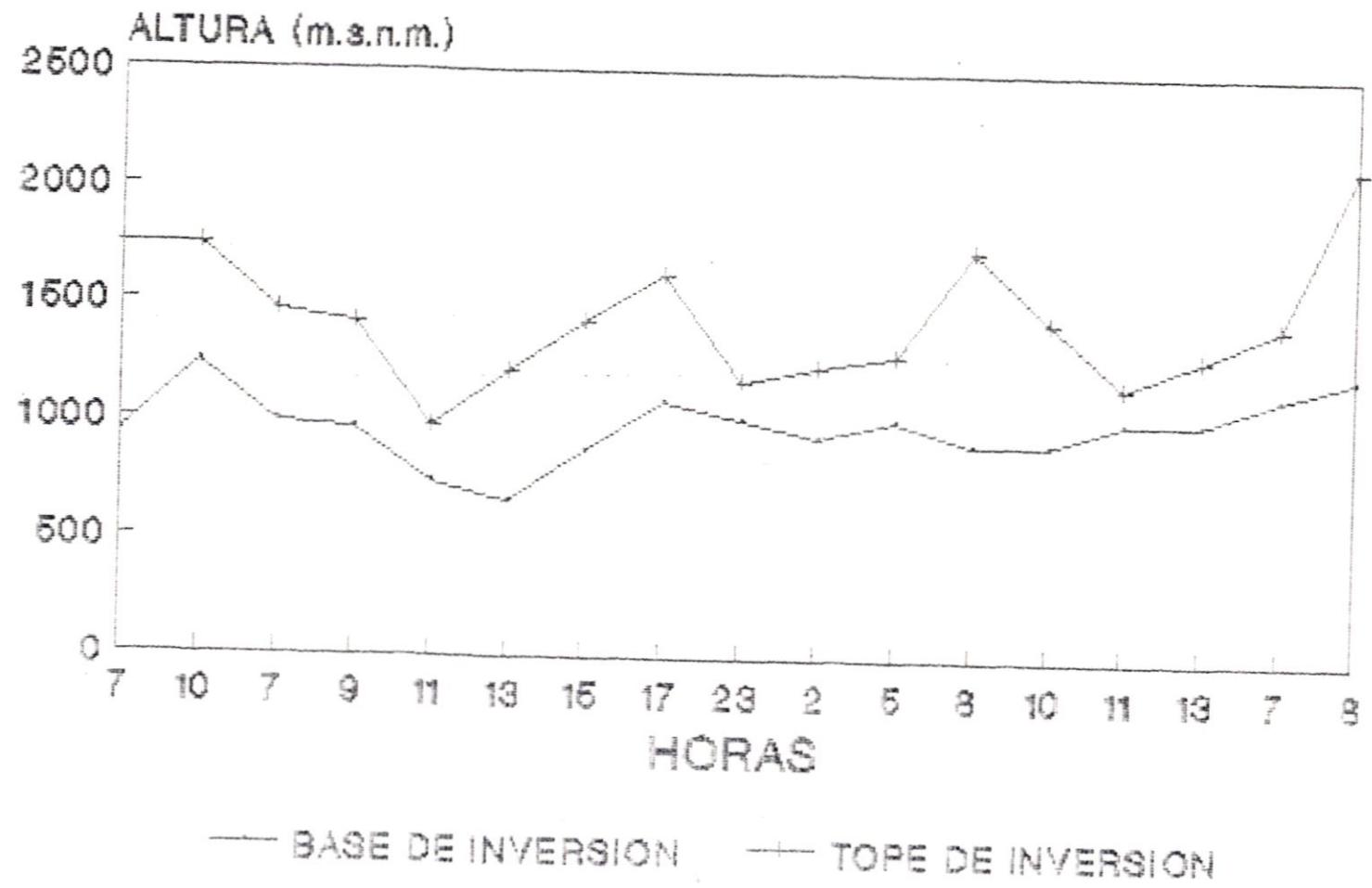


Figura 72

DISTRIBUCION TEMPORAL DE LA INTENSIDAD PUERTO ILO - 3 AL 7 MAYO 1991

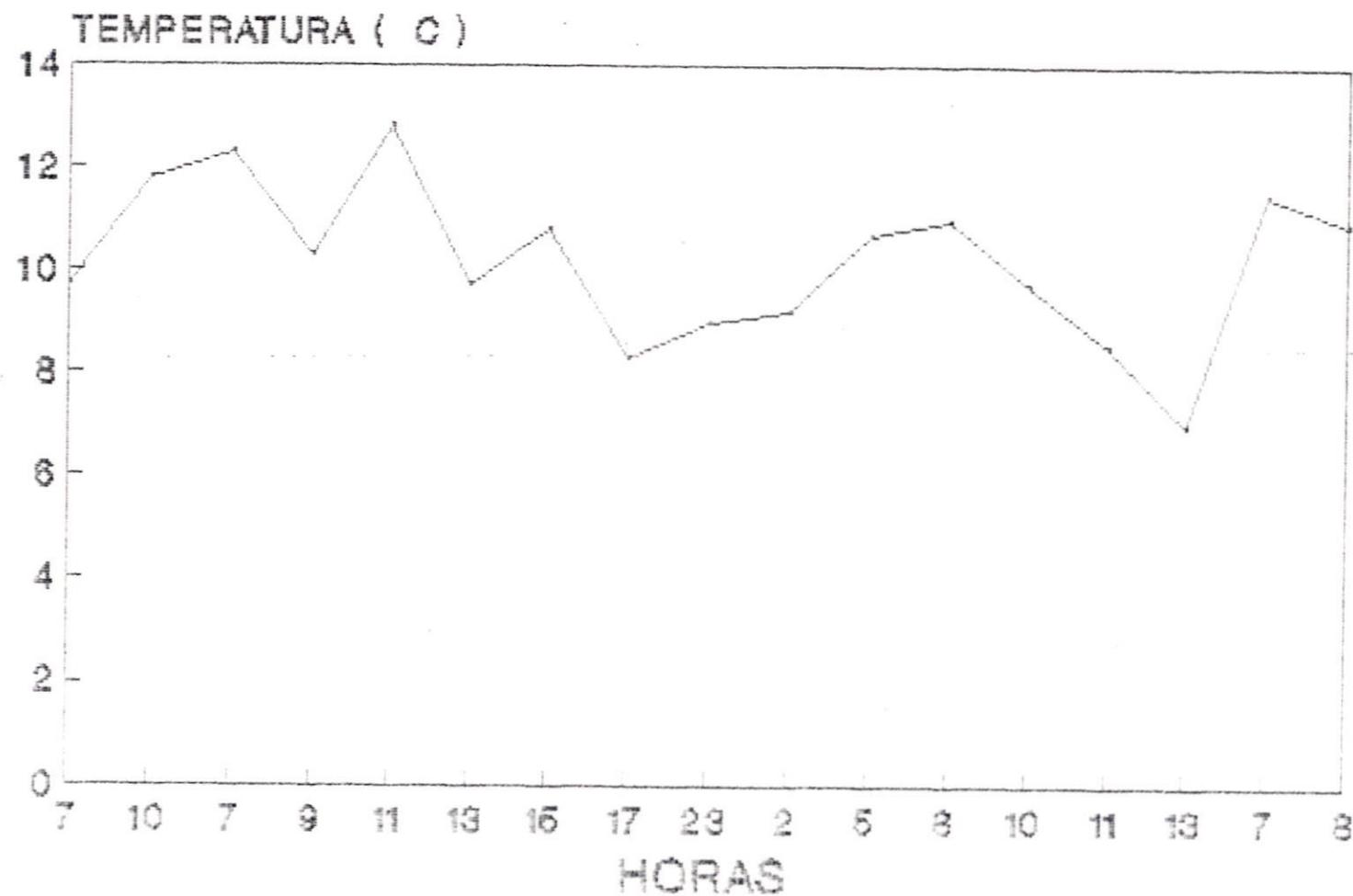


Figura 73

TEMPERATURA EN LA BASE DE LA INVERSION PUERTO ILO - 3 AL 7 MAYO 1991

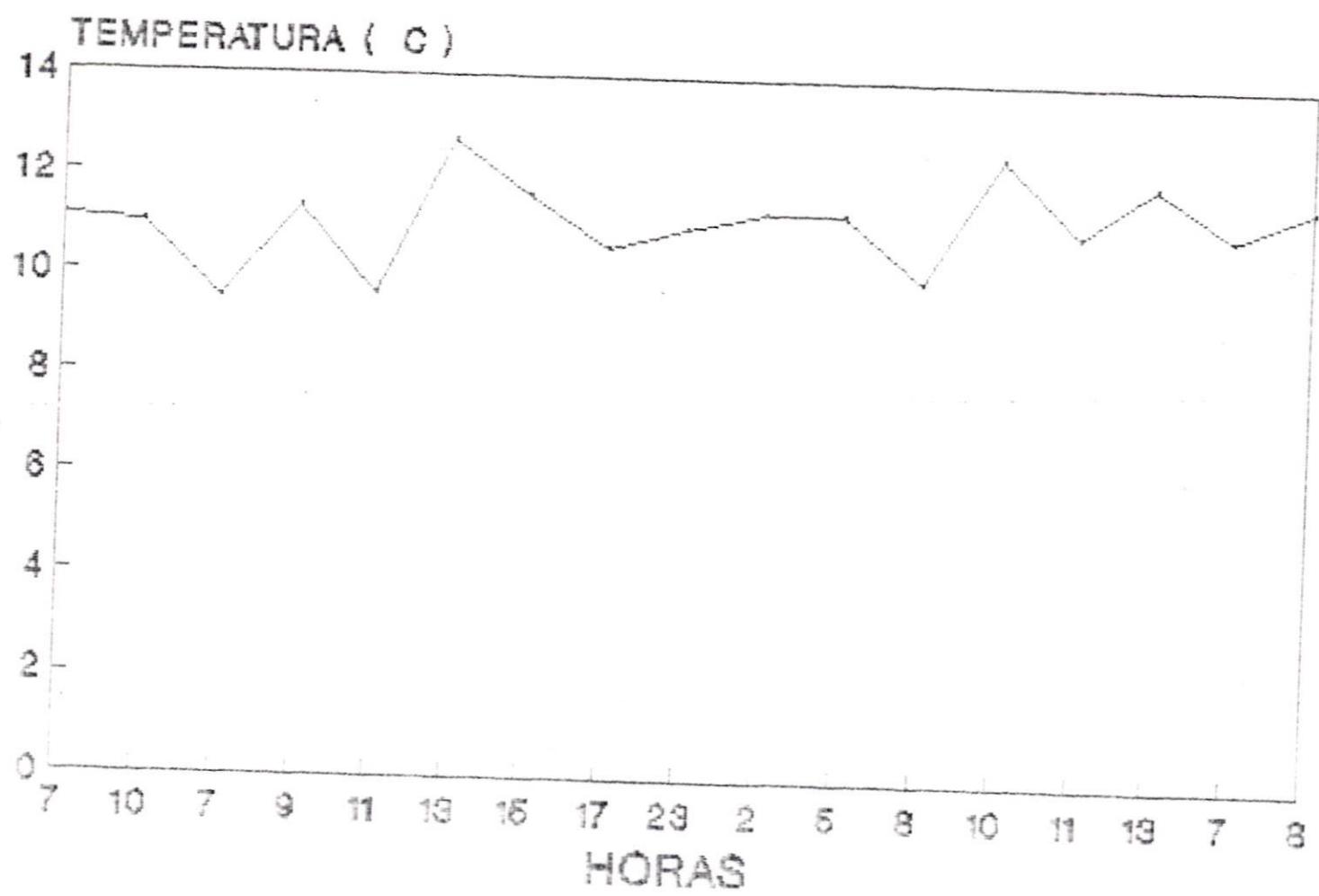


Figura 74

DISTRIBUCION TEMPORAL DEL ESPESOR PUERTO ILO - 3 AL 7 MAYO 1991

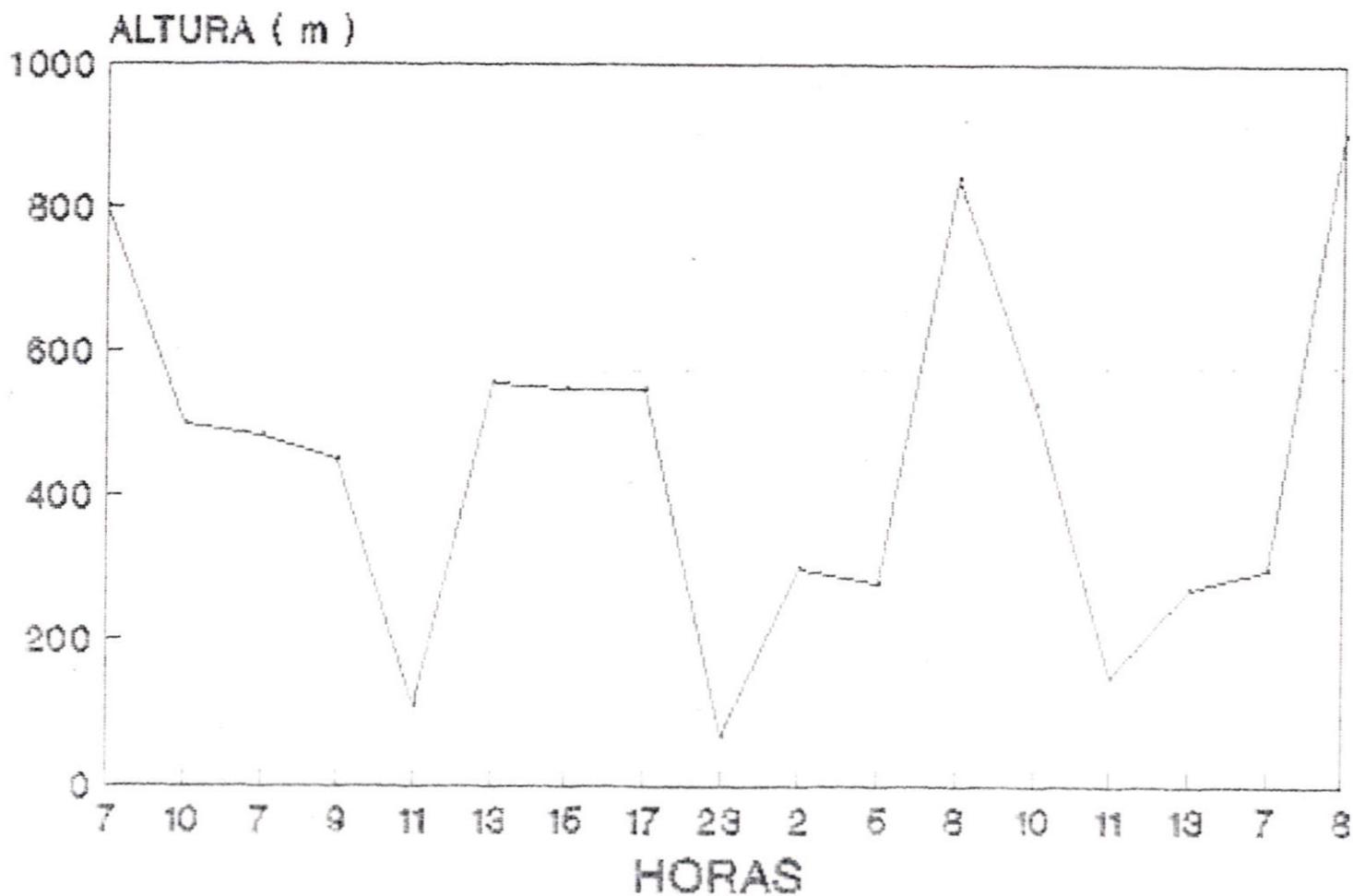


Figura 75

DISTRIBUCION TEMPORAL DE LA TEMPERATURA PUERTO ILO - 7 AL 10 SETIEMBRE 1991

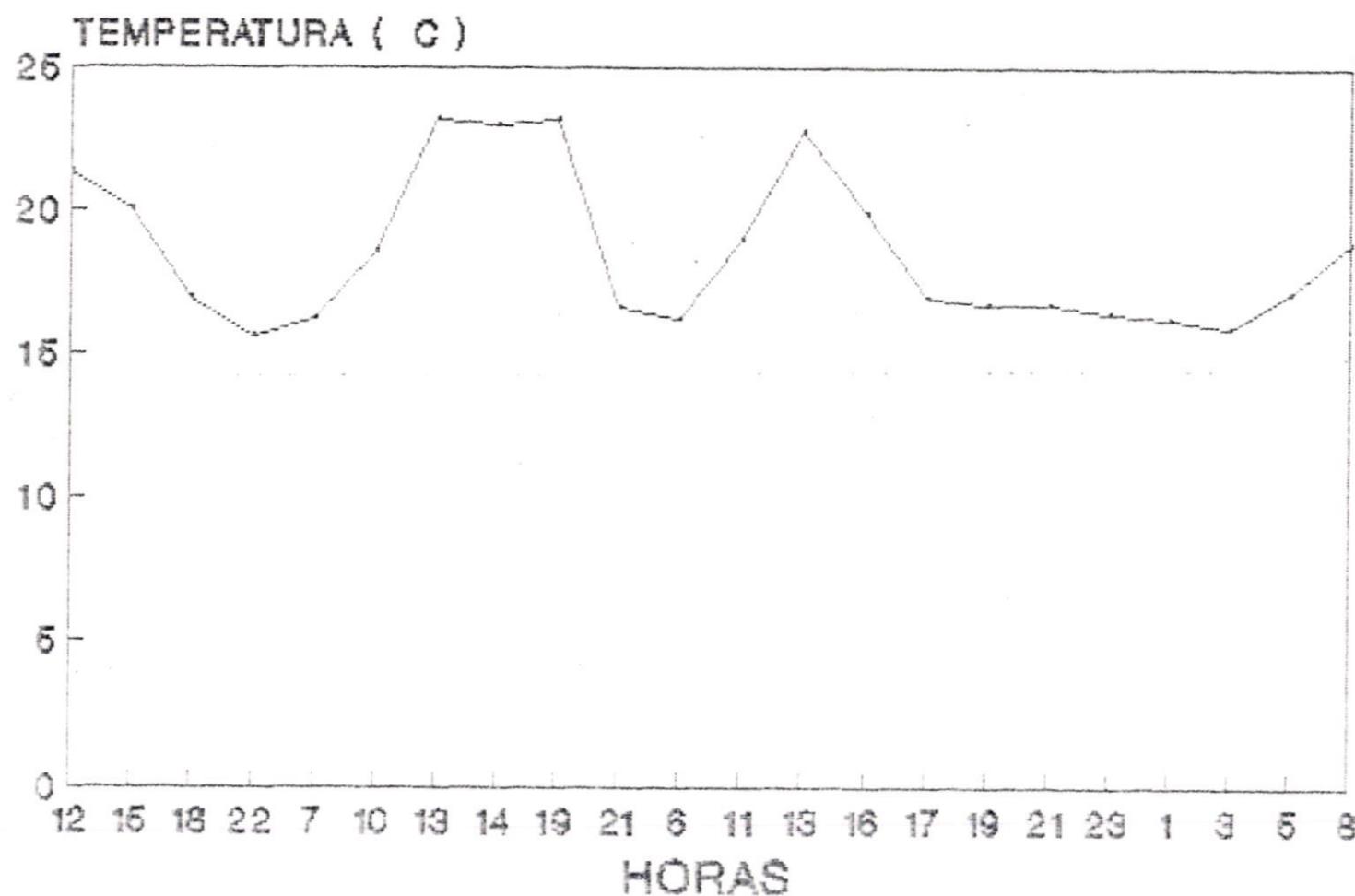


Figura 76

Figura 77

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 07/91 Hora:07:00

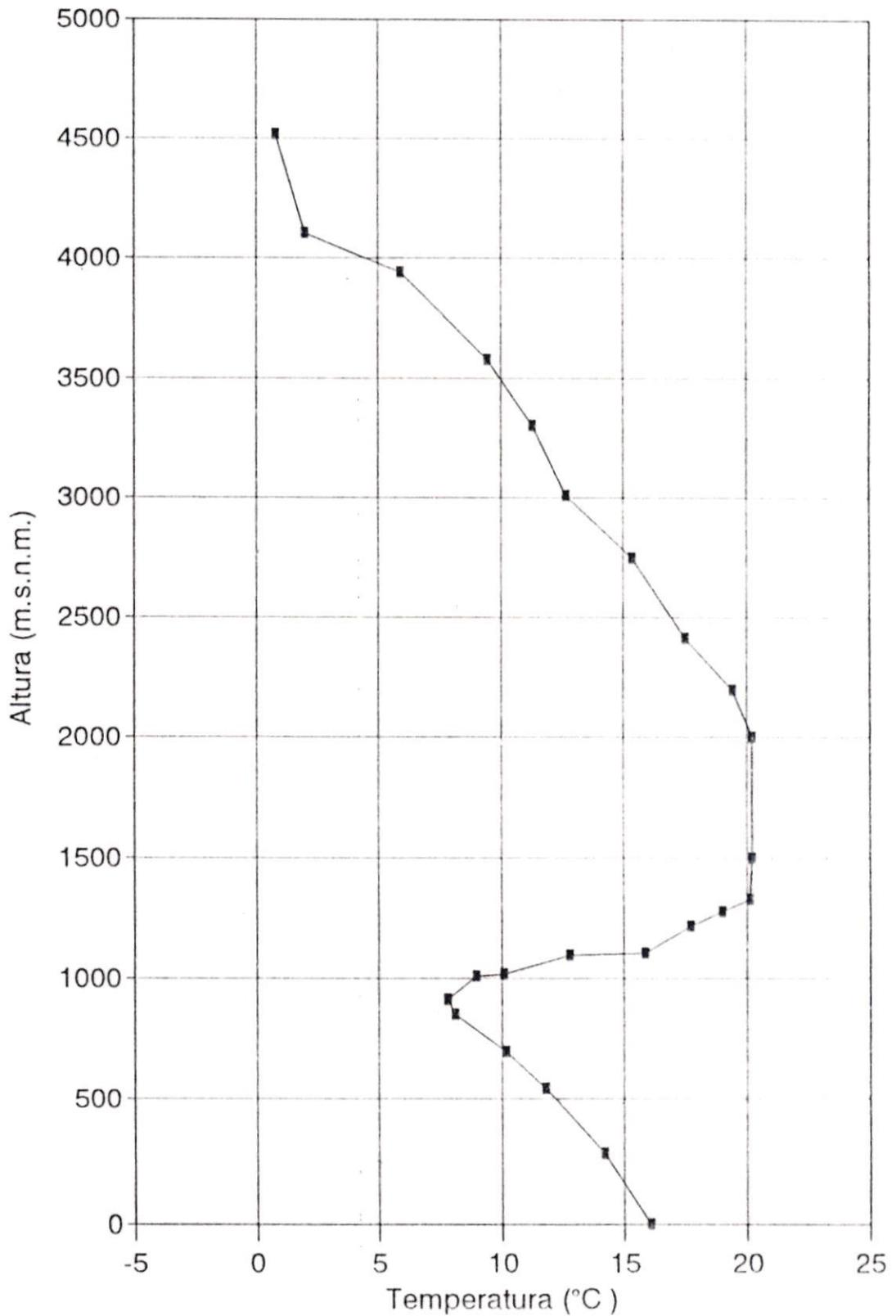


Figura 78

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 07/91 Hora:10:00

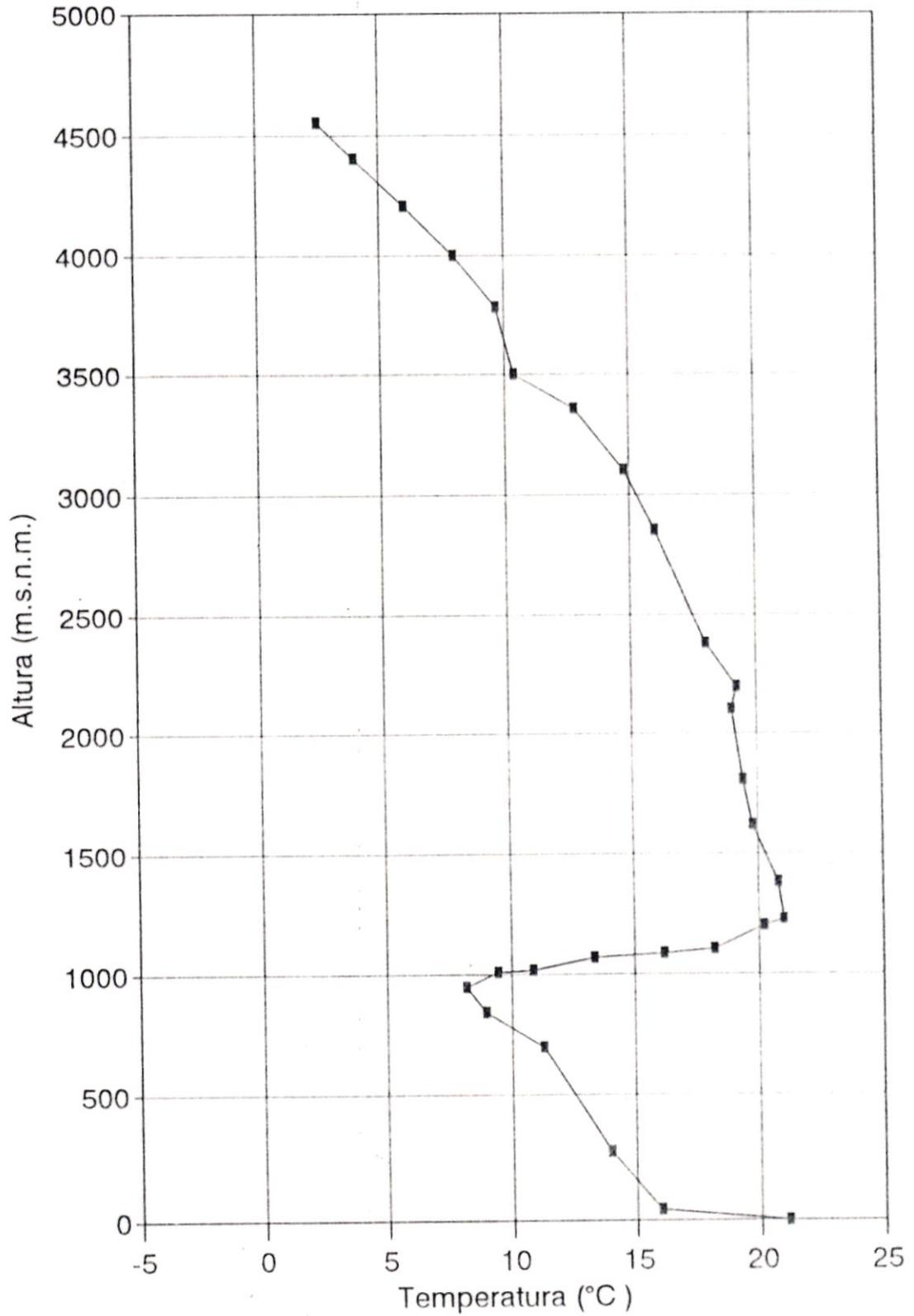


Figura 79

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 07/91 Hora:12:00

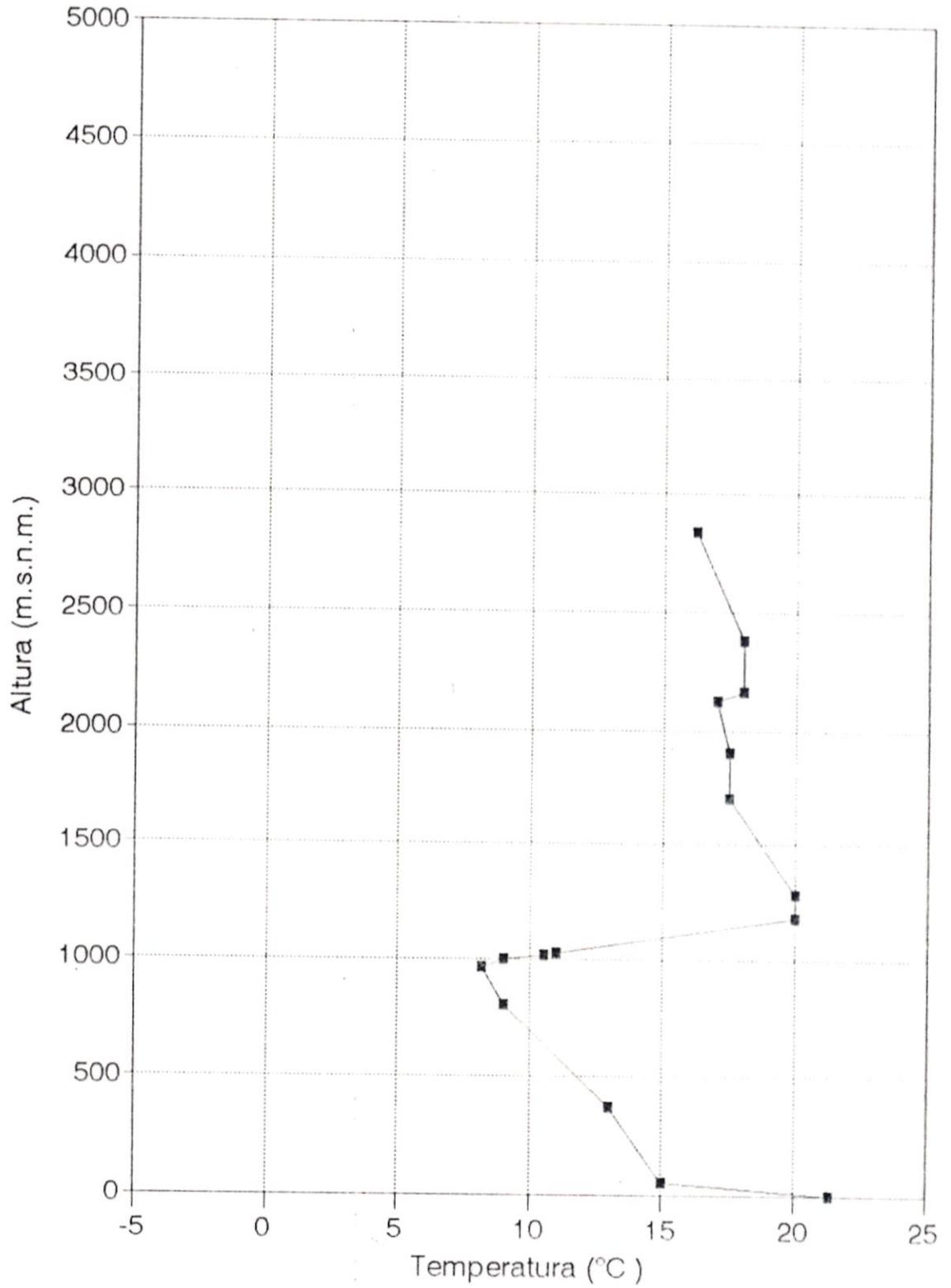


Figura 80

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 07/91 Hora:15:00

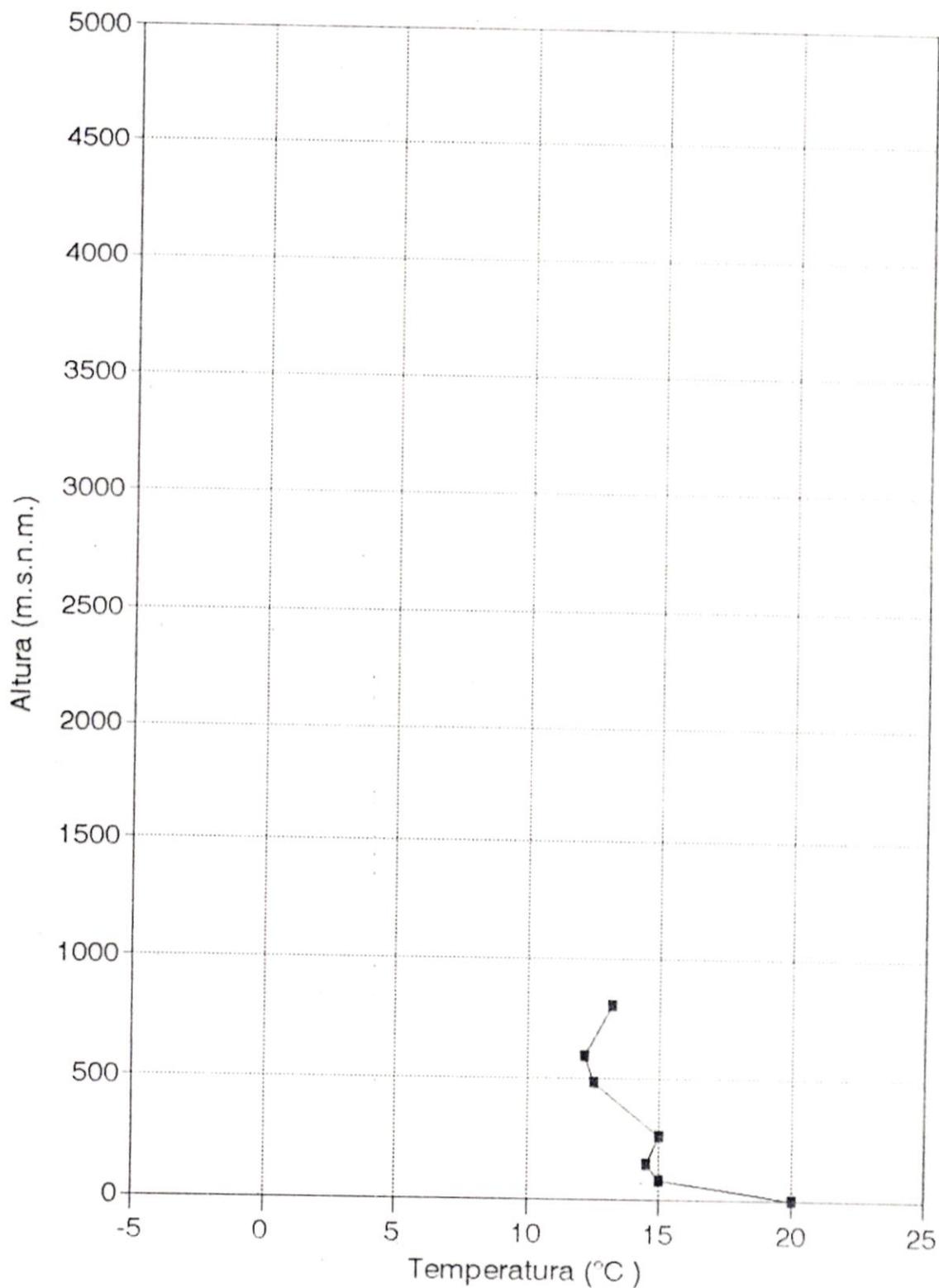


Figura 81

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 07/91 Hora:18:00

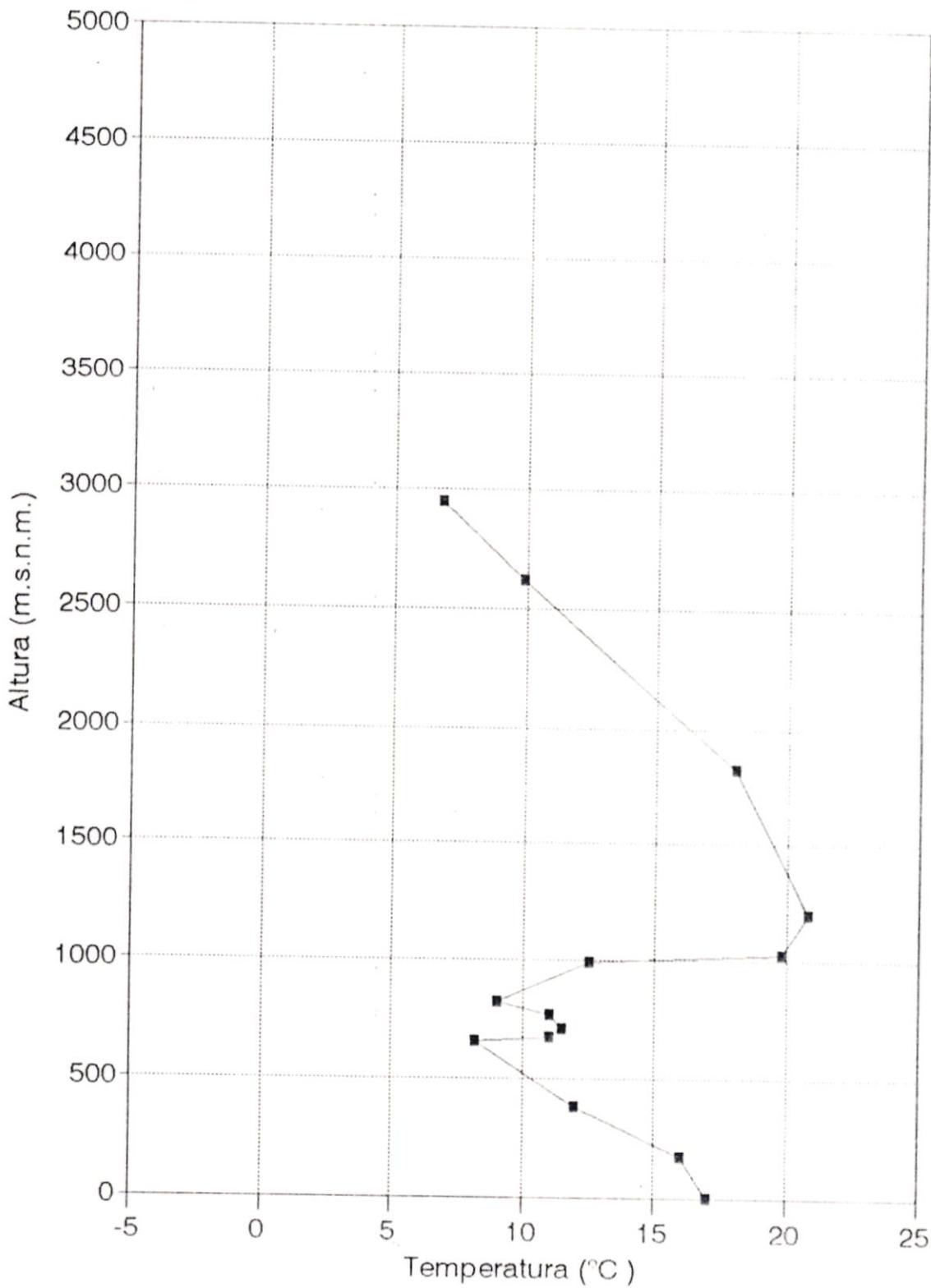


Figura 82

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 07/91 Hora:20:00

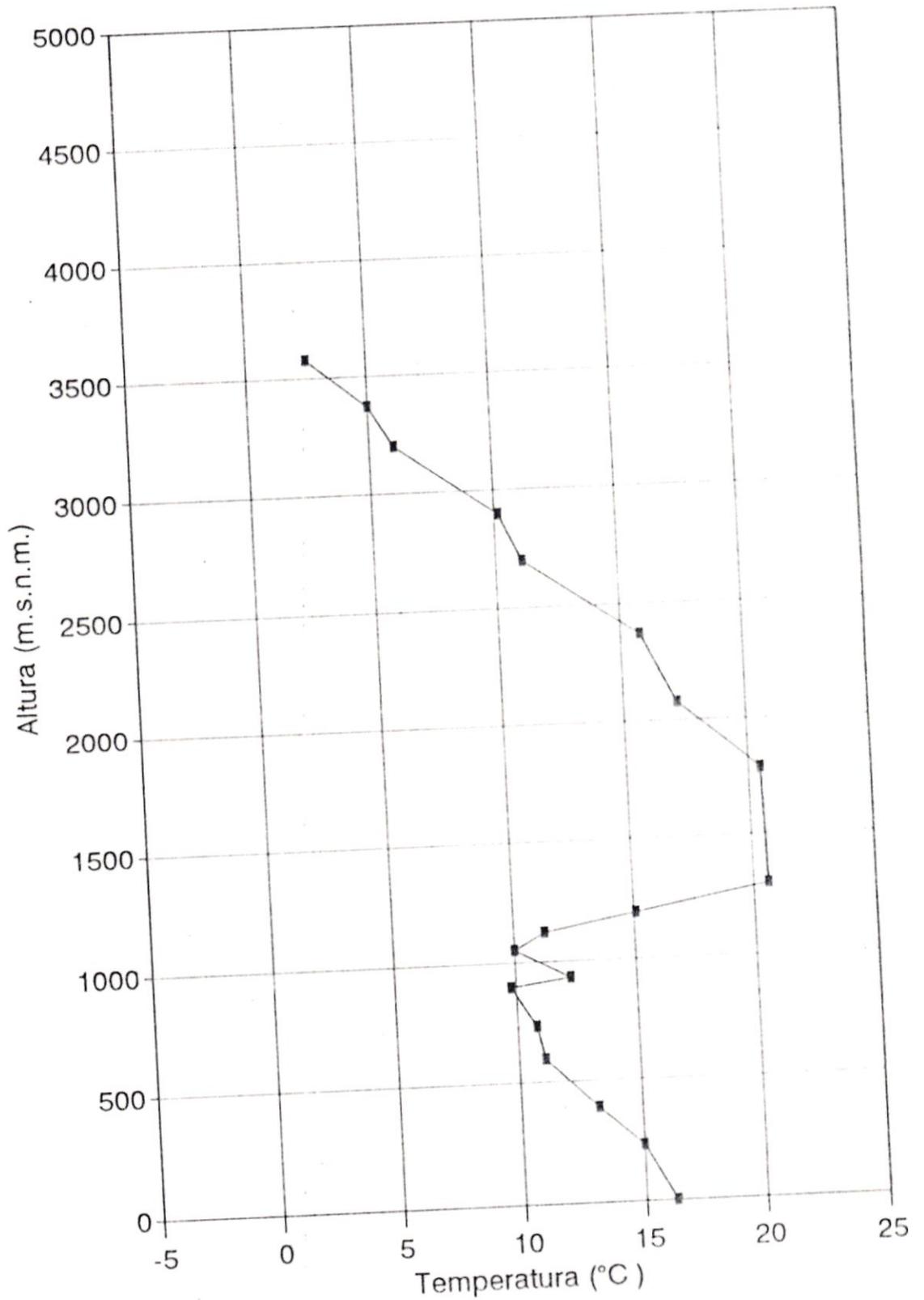


Figura 83

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 07/91 Hora:21:00

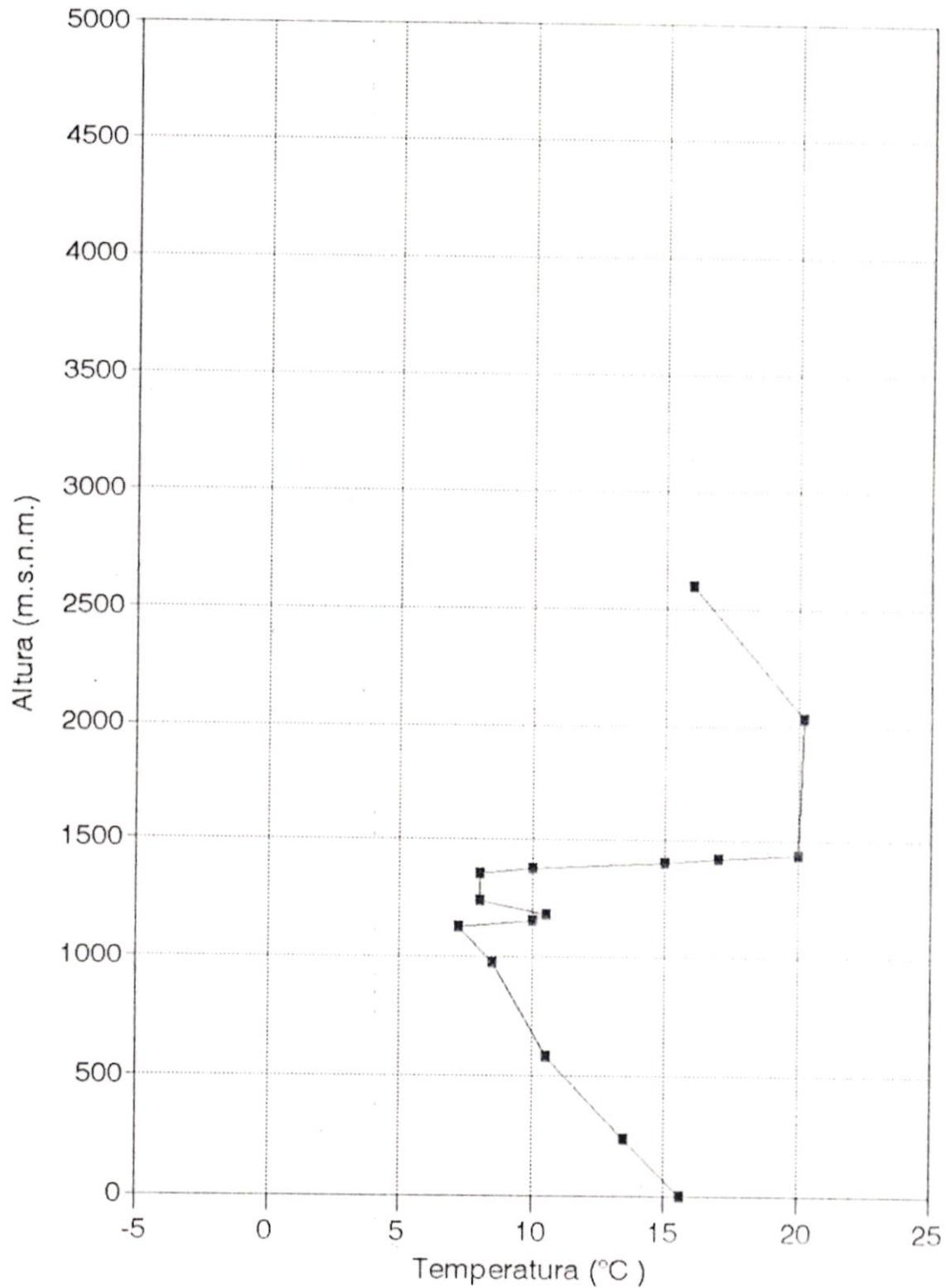


Figura 85

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 08/91 Hora:10:00

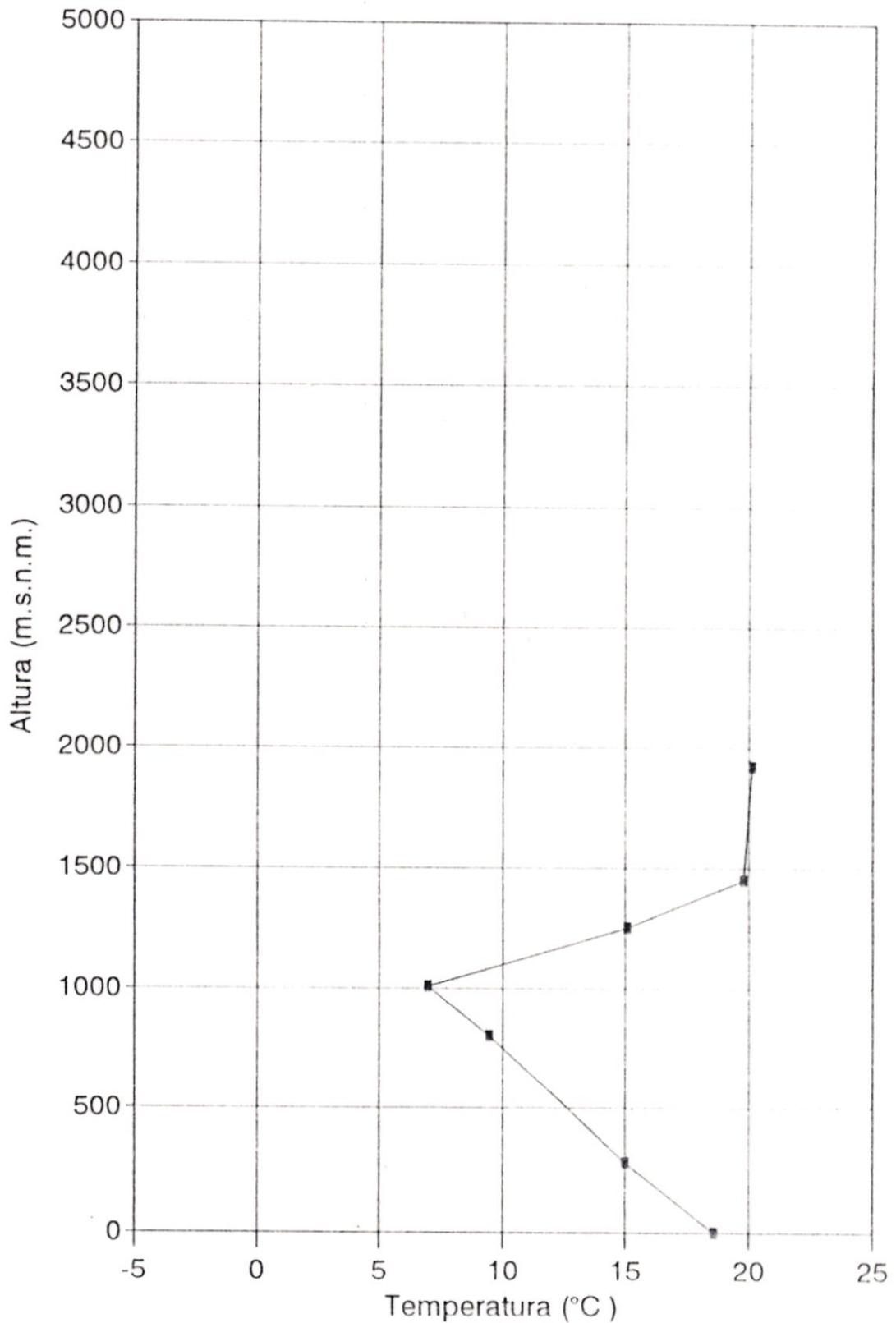


Figura 86

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 08/91 Hora:13:00

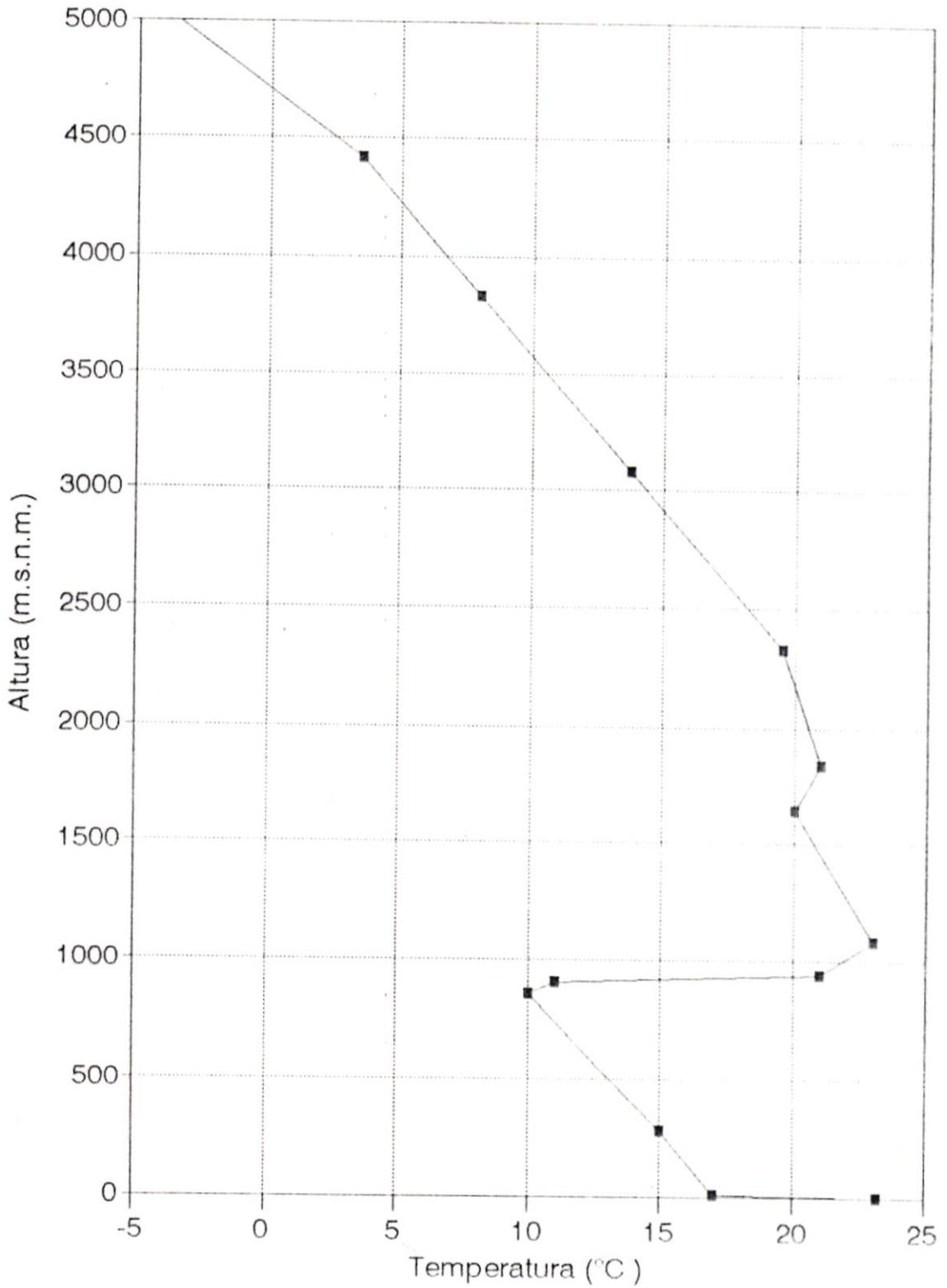


Figura 87

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 08/91 Hora:14:00

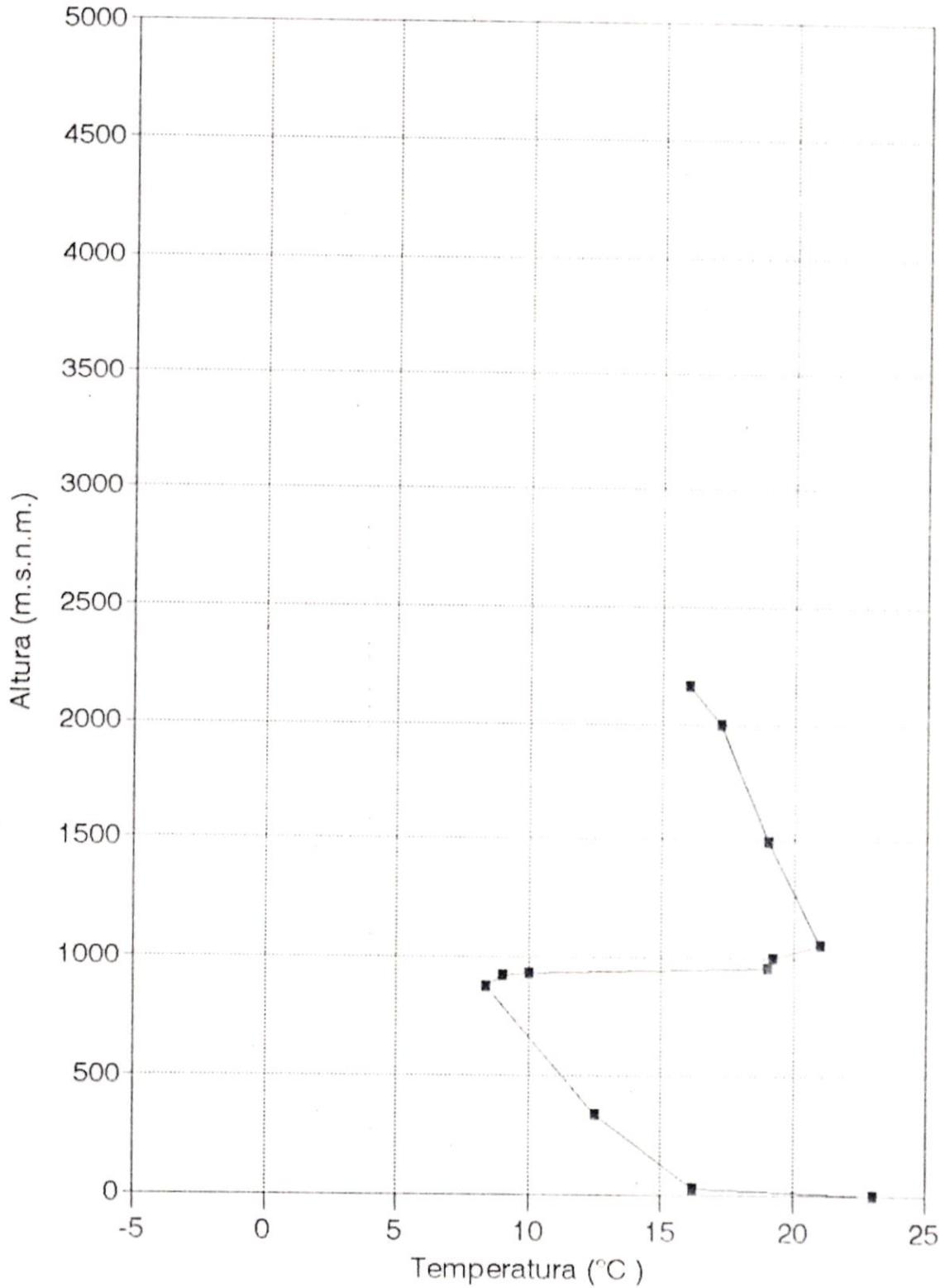


Figura 88

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 08/91 Hora:16:00

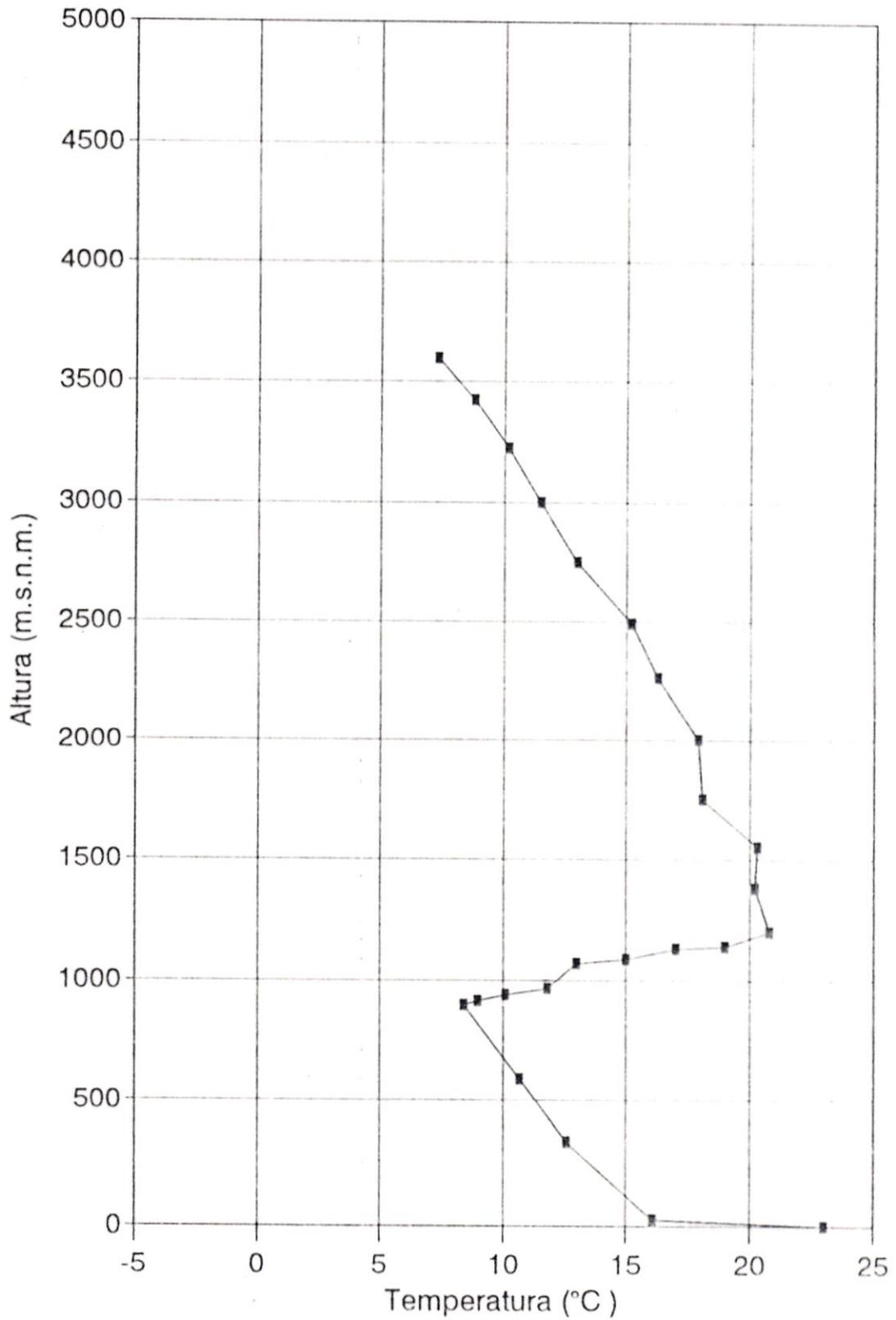


Figura 89

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 08/91 Hora: 19:00

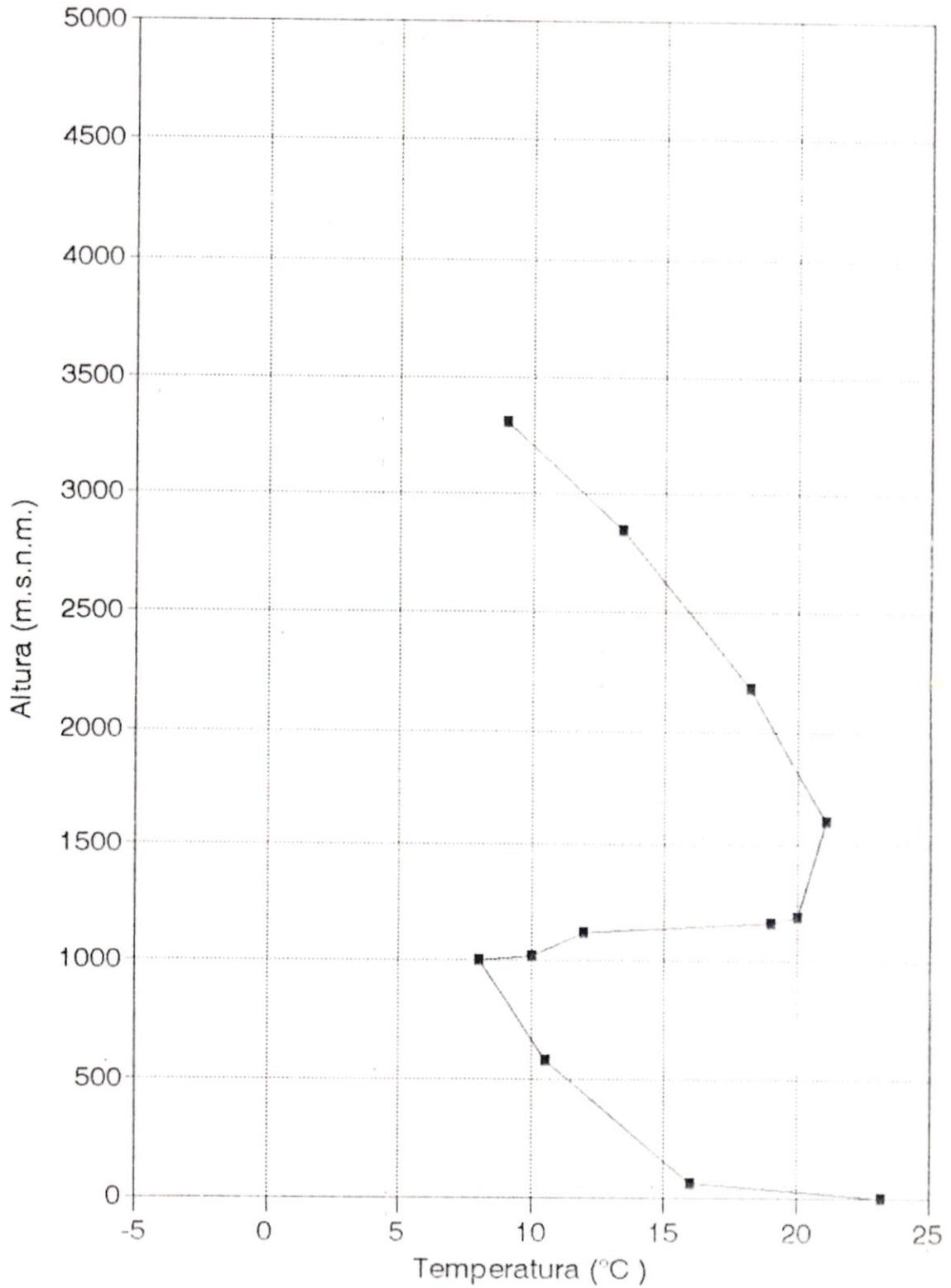


Figura 90

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 08/91 Hora:21:00

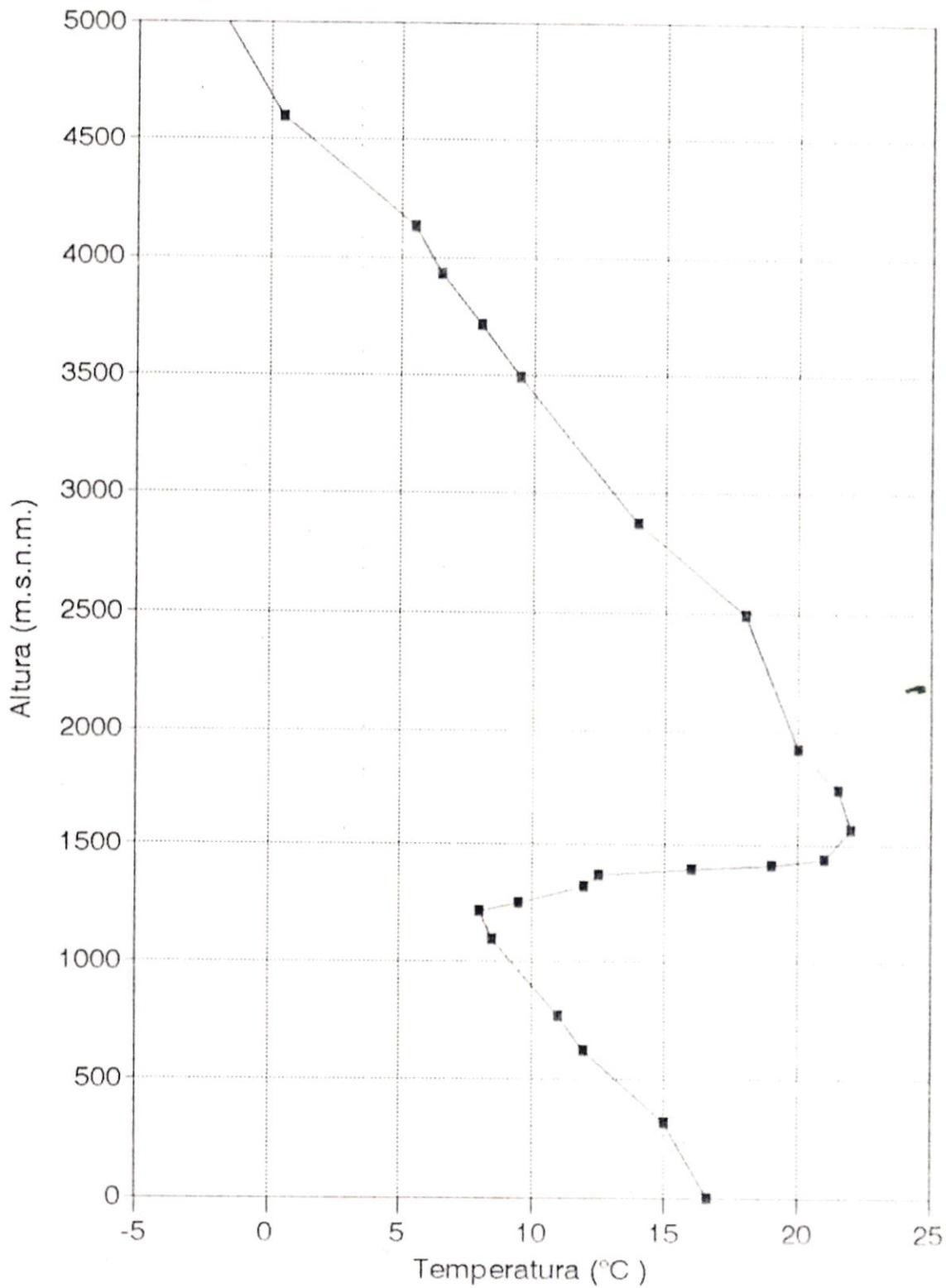


Figura 91

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 08/91 Hora:23:40

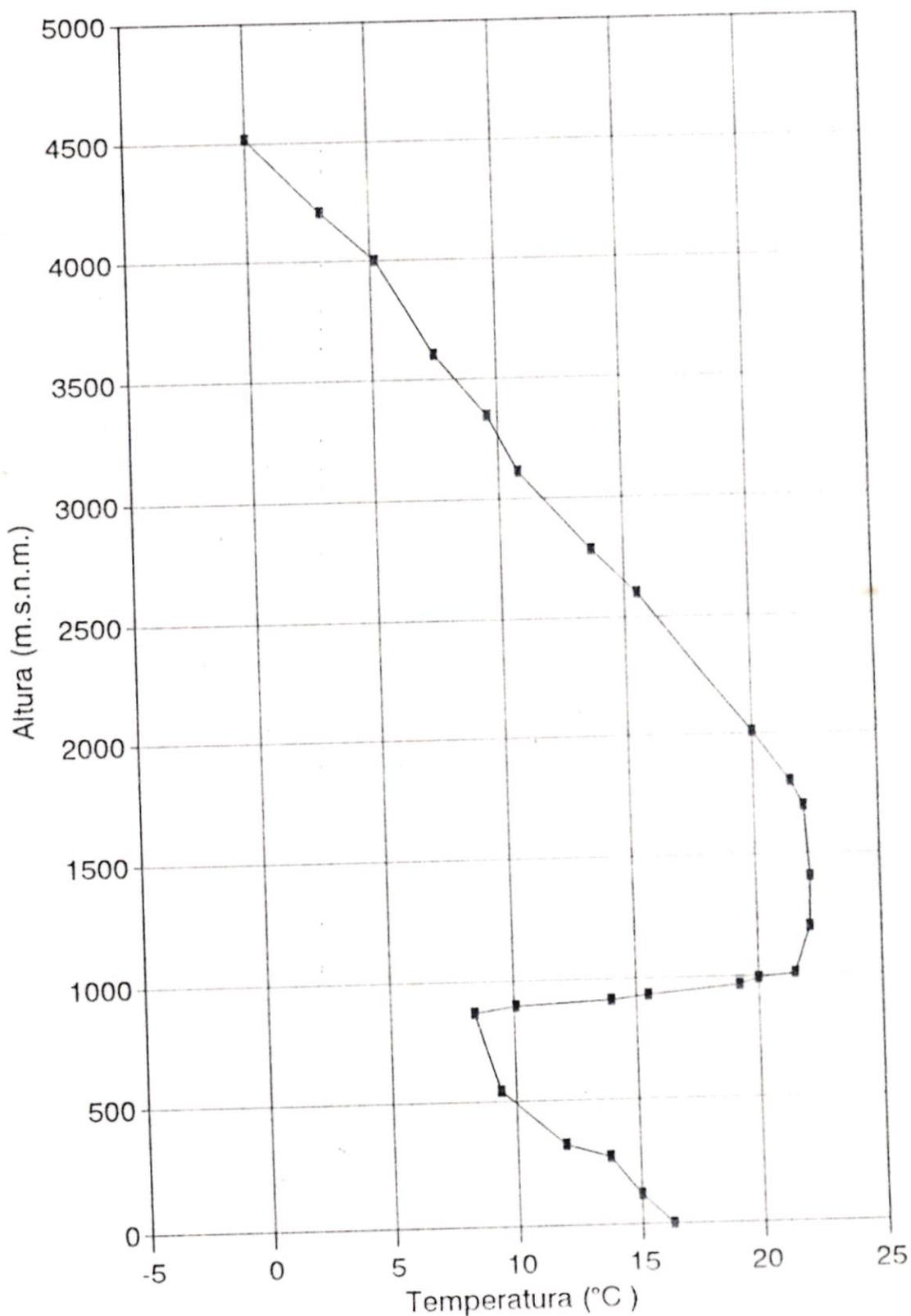


Figura 92

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 09/91 Hora:02:00

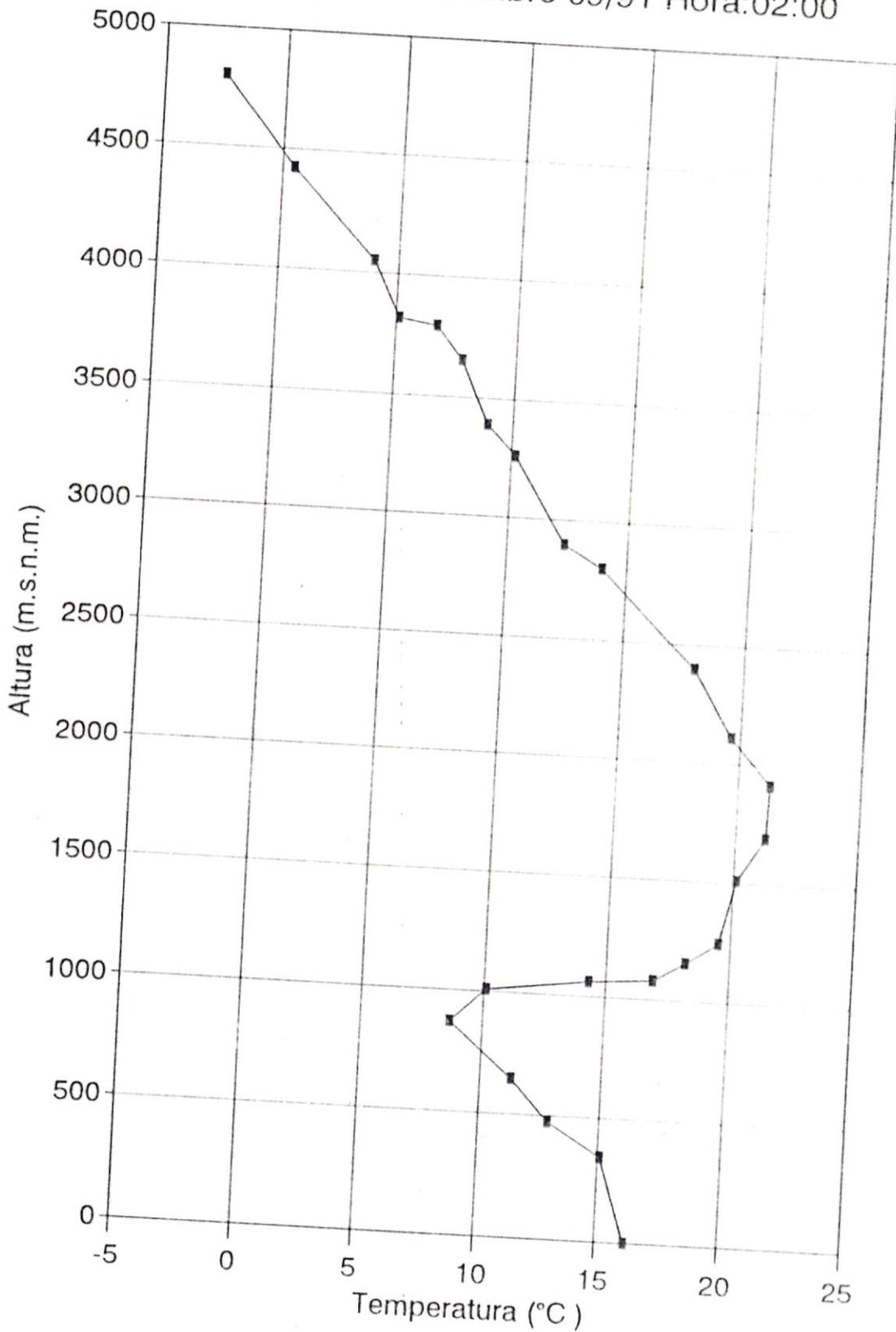


Figura 93

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 09/91 Hora:06:00

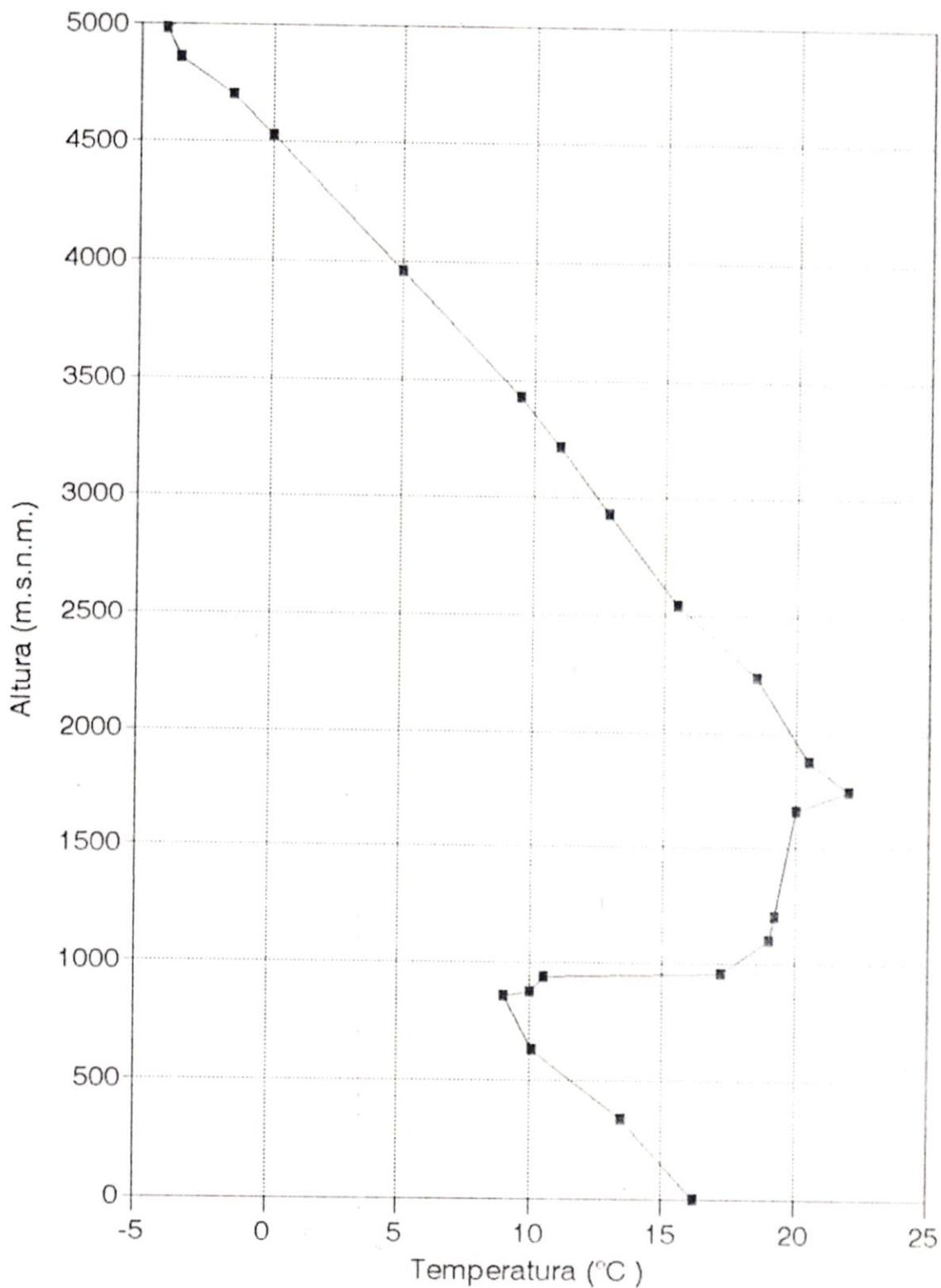


Figura 94

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 09/91 Hora:10:00

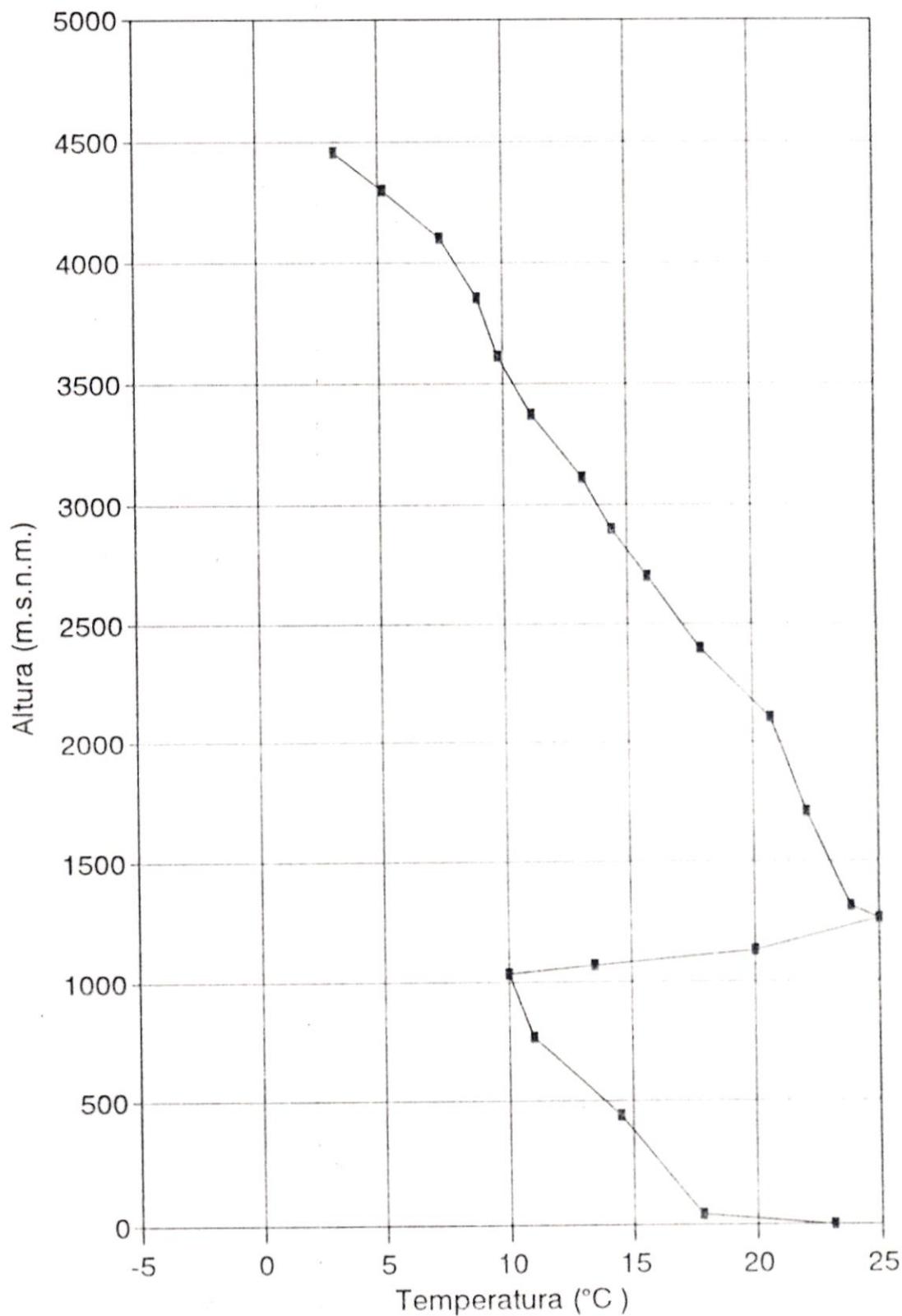


Figura 95

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 09/91 Hora:11:00

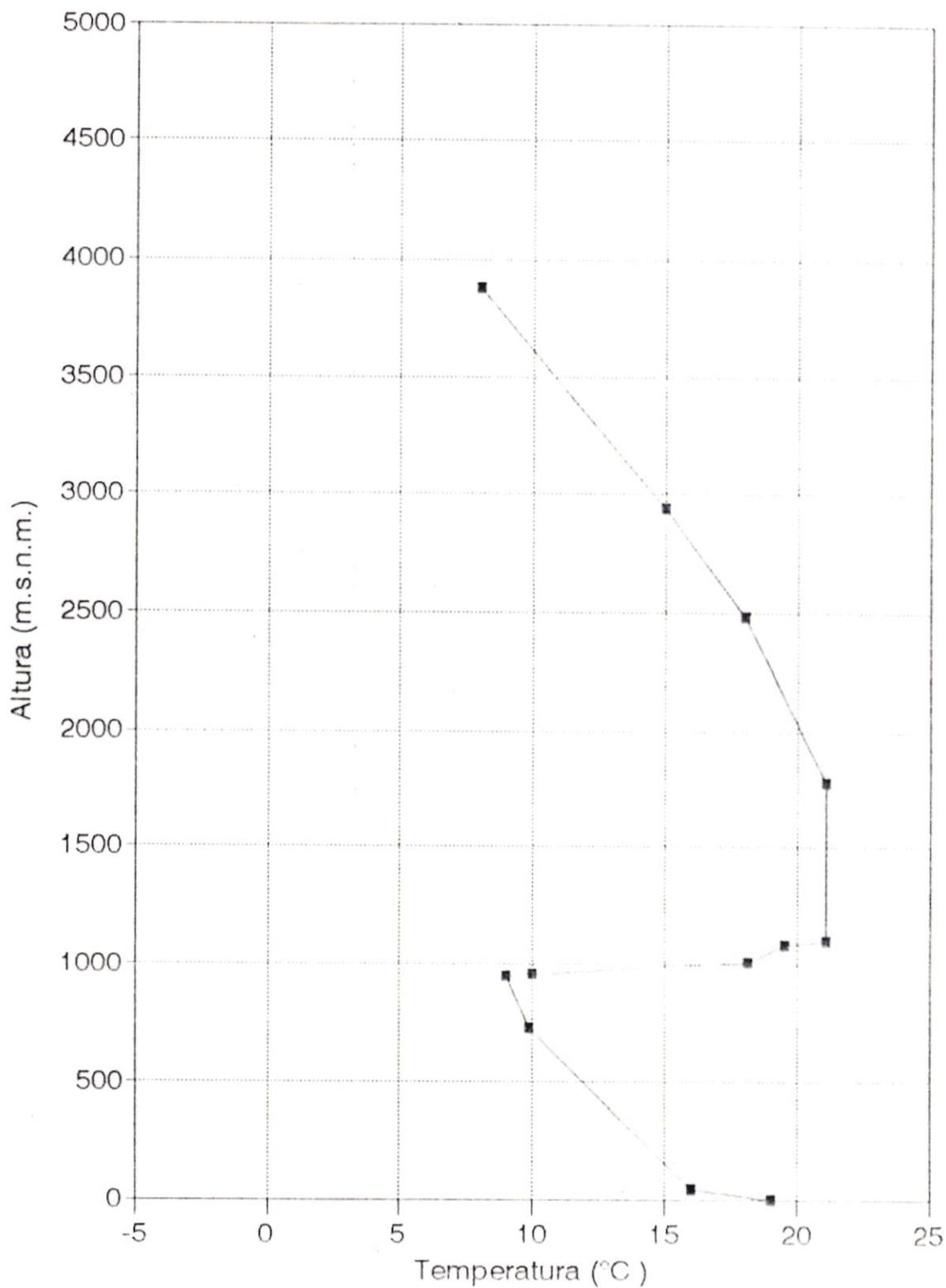


Figura 96

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 09/91 Hora:12:00

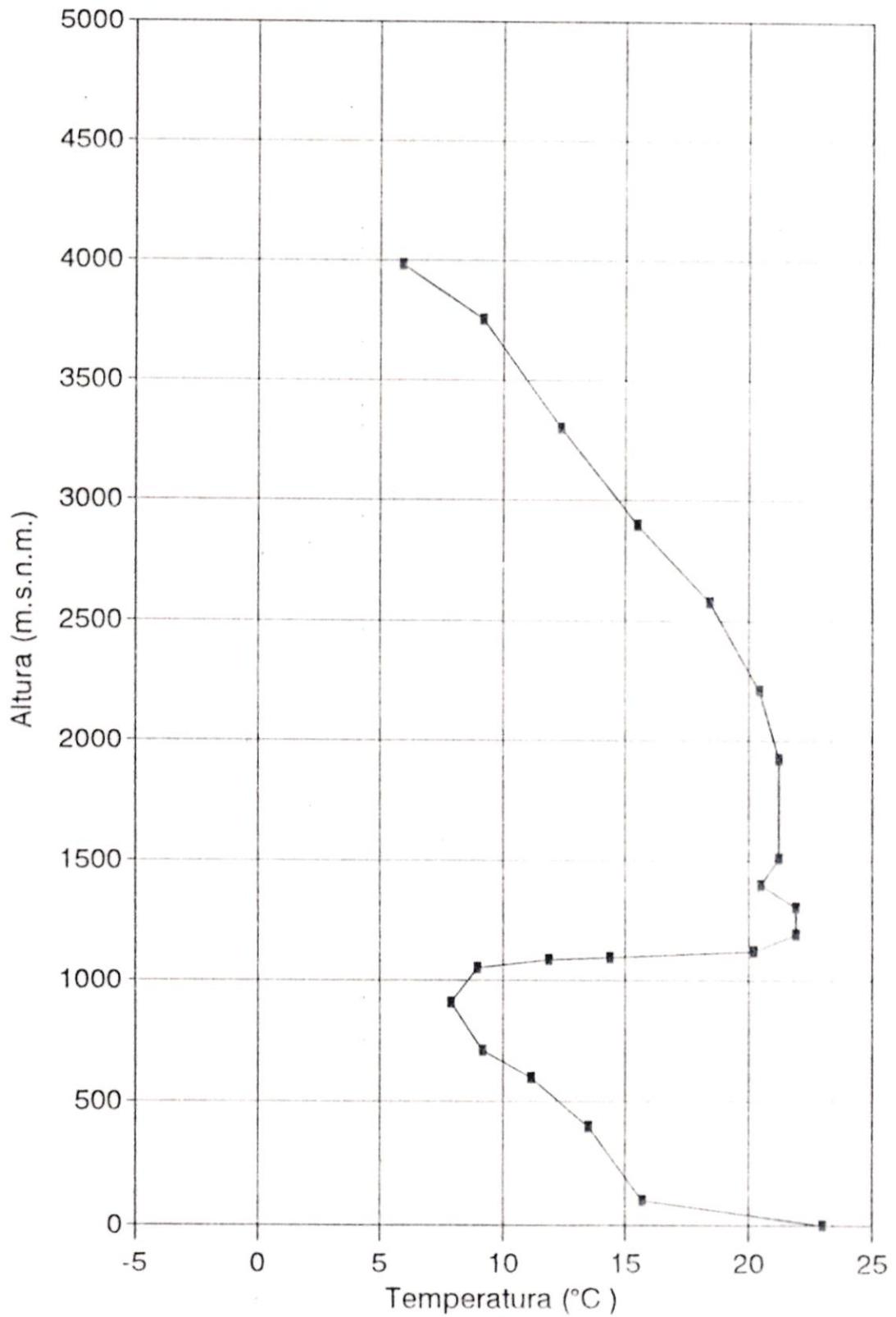


Figura 97

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 09/91 Hora:13:00

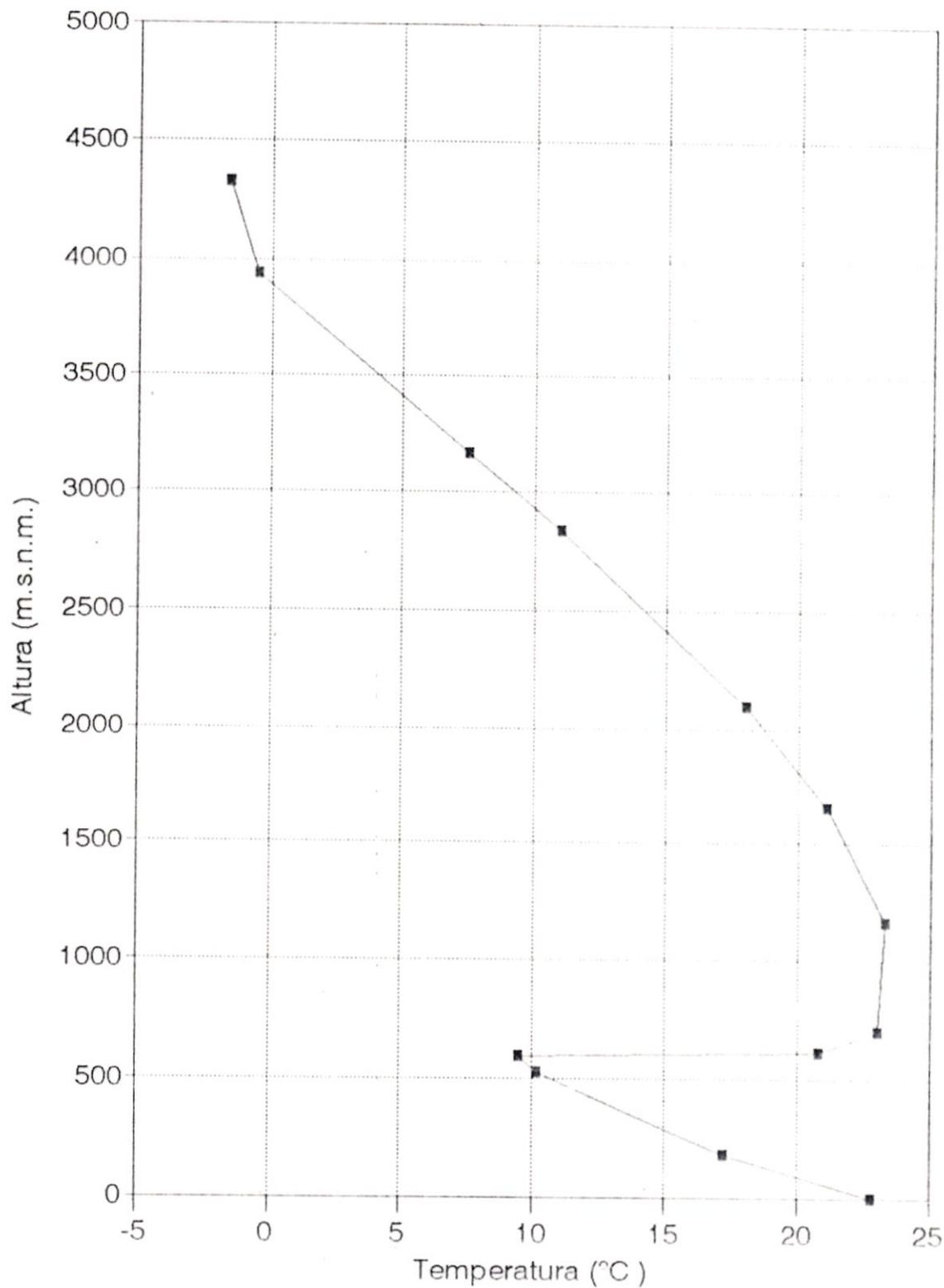


Figura 98

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 09/91 Hora:15:00

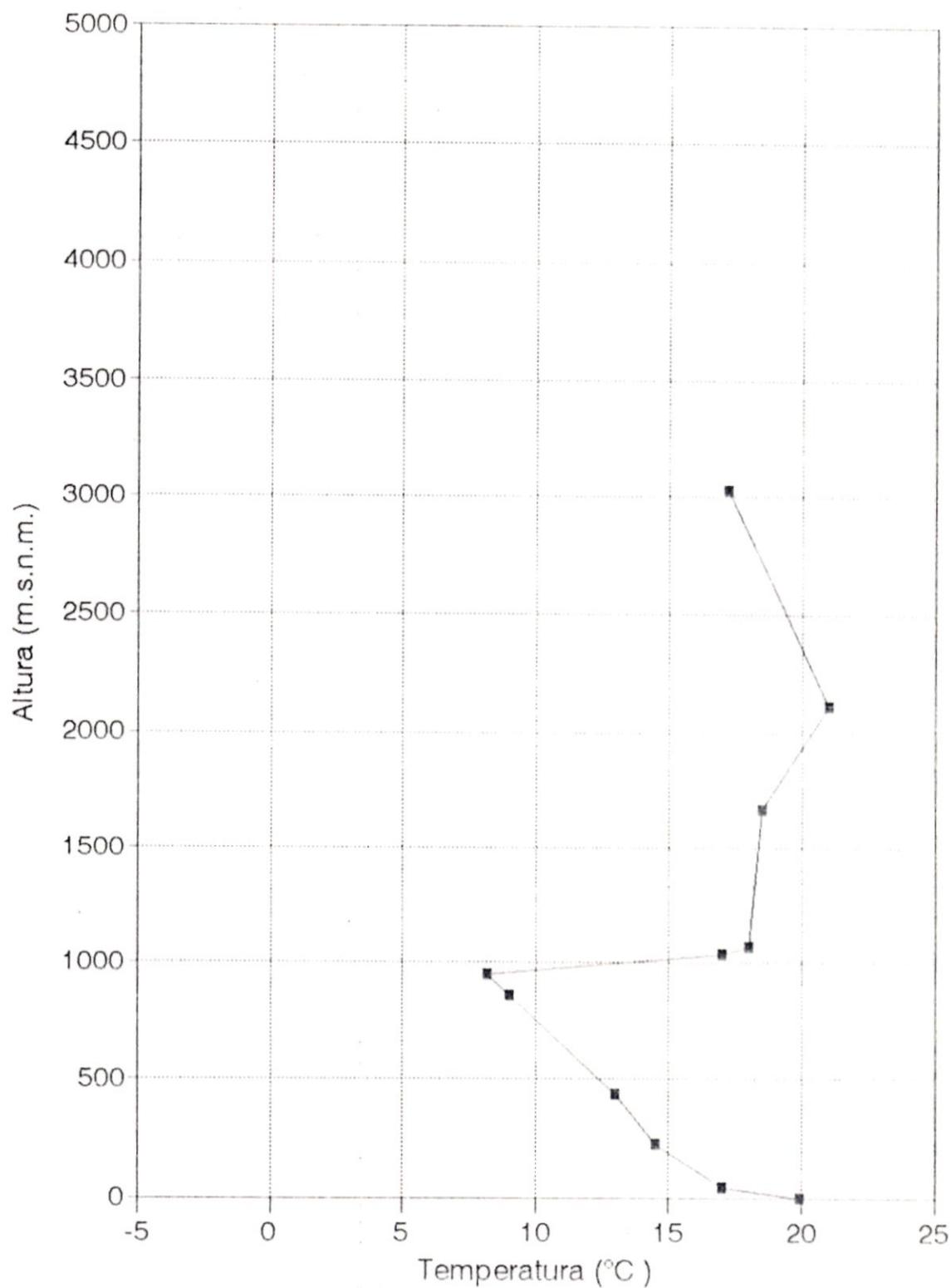


Figura 99

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 09/91 Hora:17:00

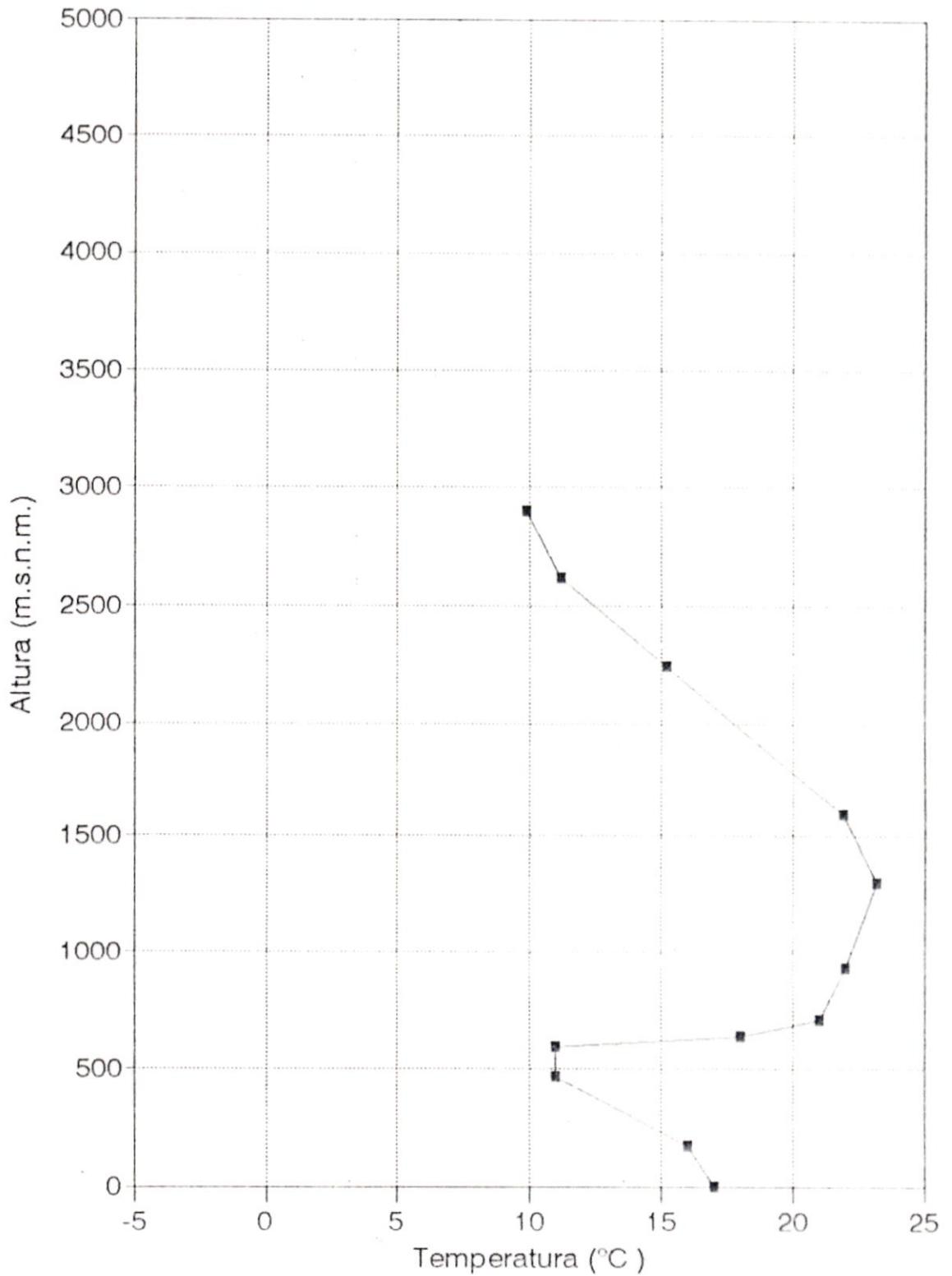


Figura 100

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 09/91 Hora:19:00

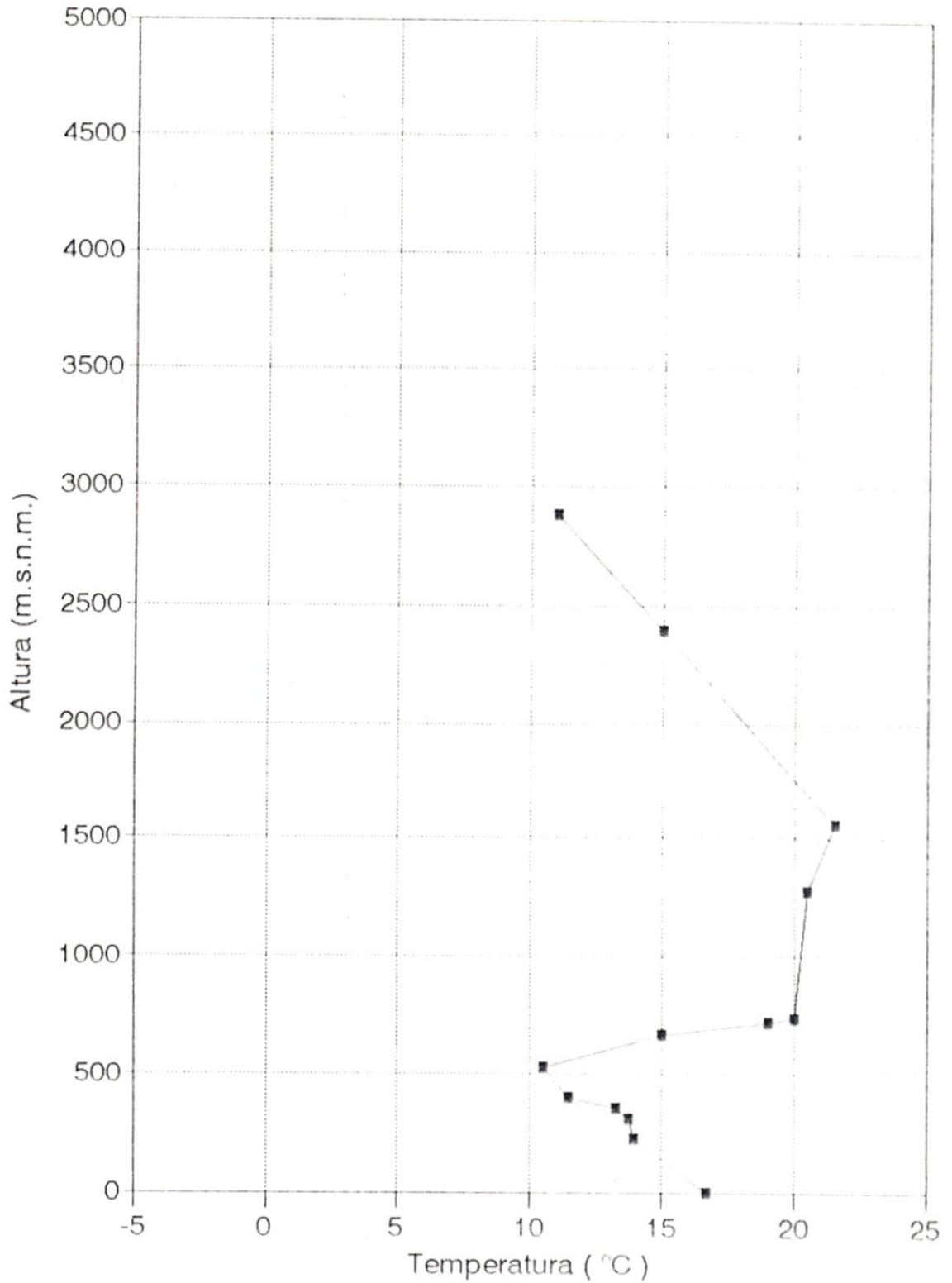


Figura 101

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 09/91 Hora:21:00

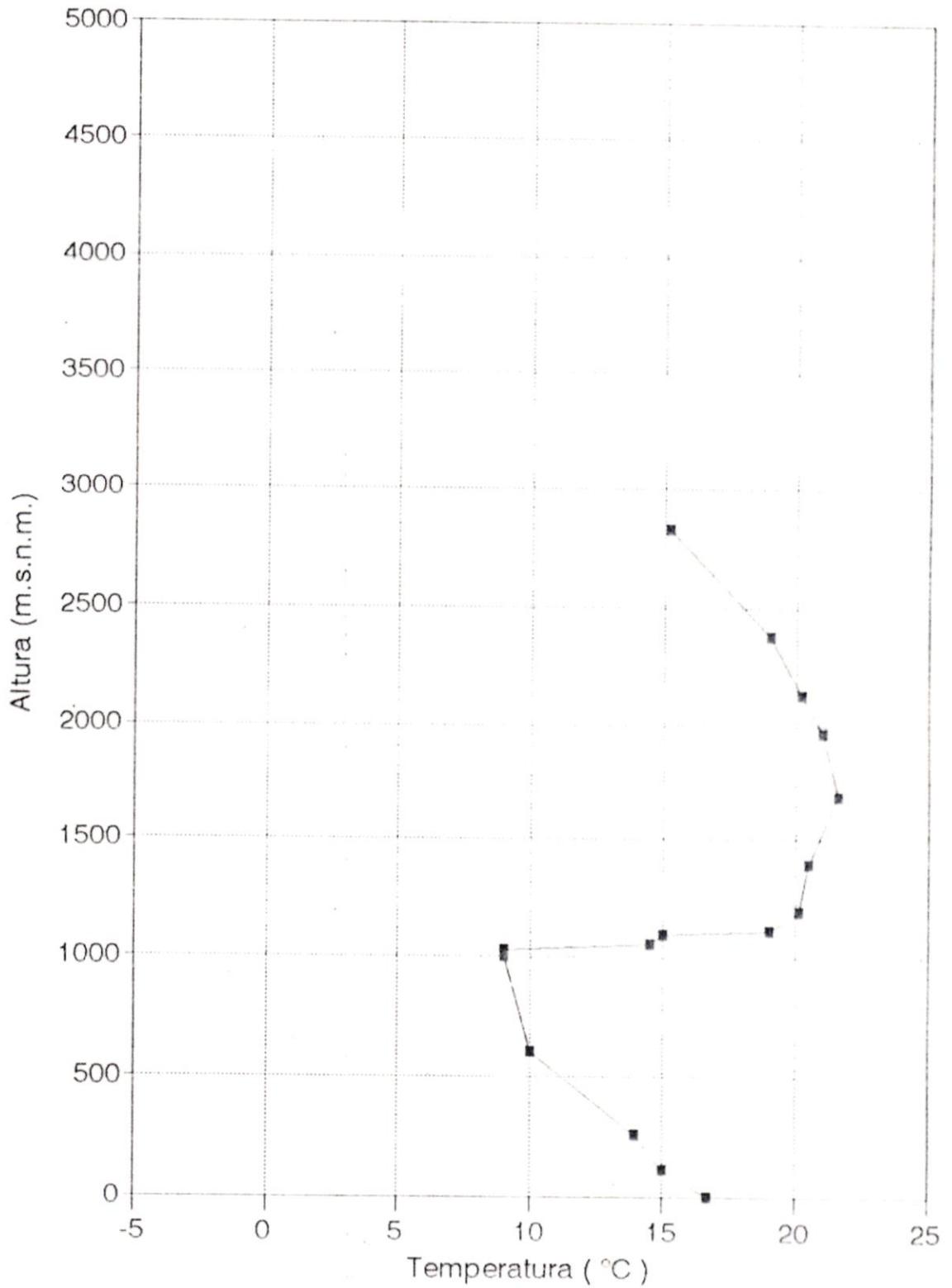


Figura 102

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 09/91 Hora:23:39

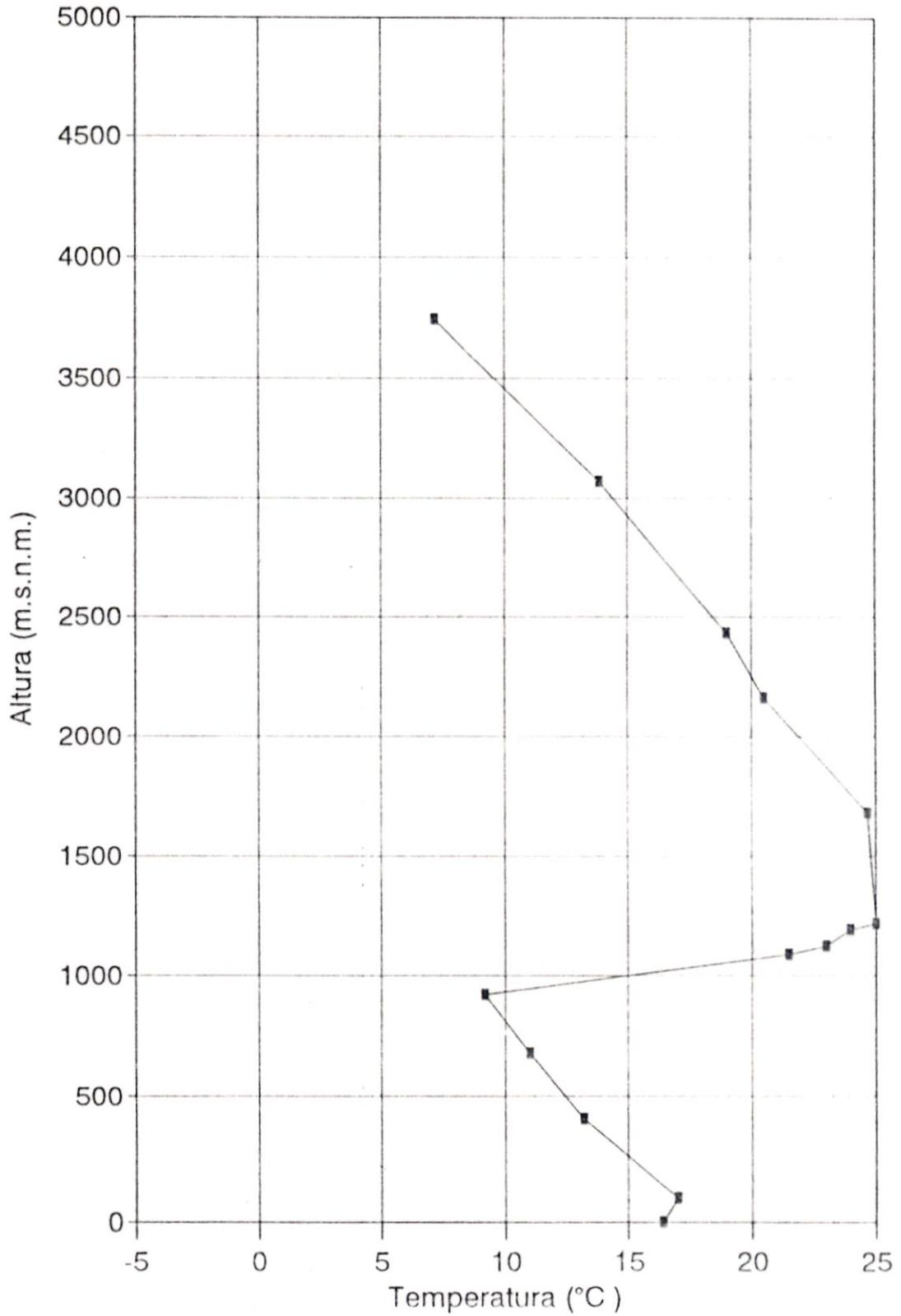


Figura 103

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 10/91 Hora:01:00

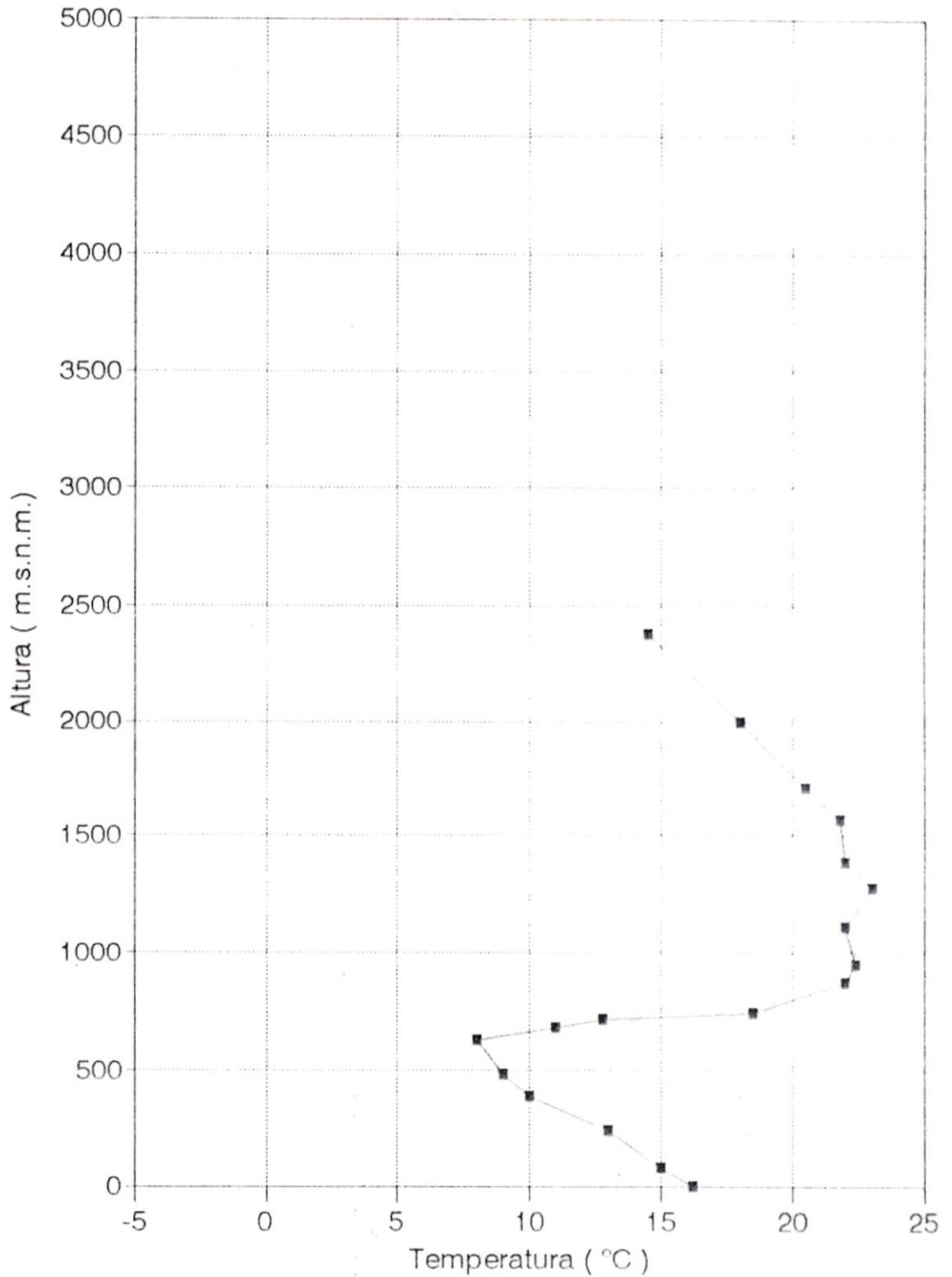


Figura 104

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 10/91 Hora:03:00

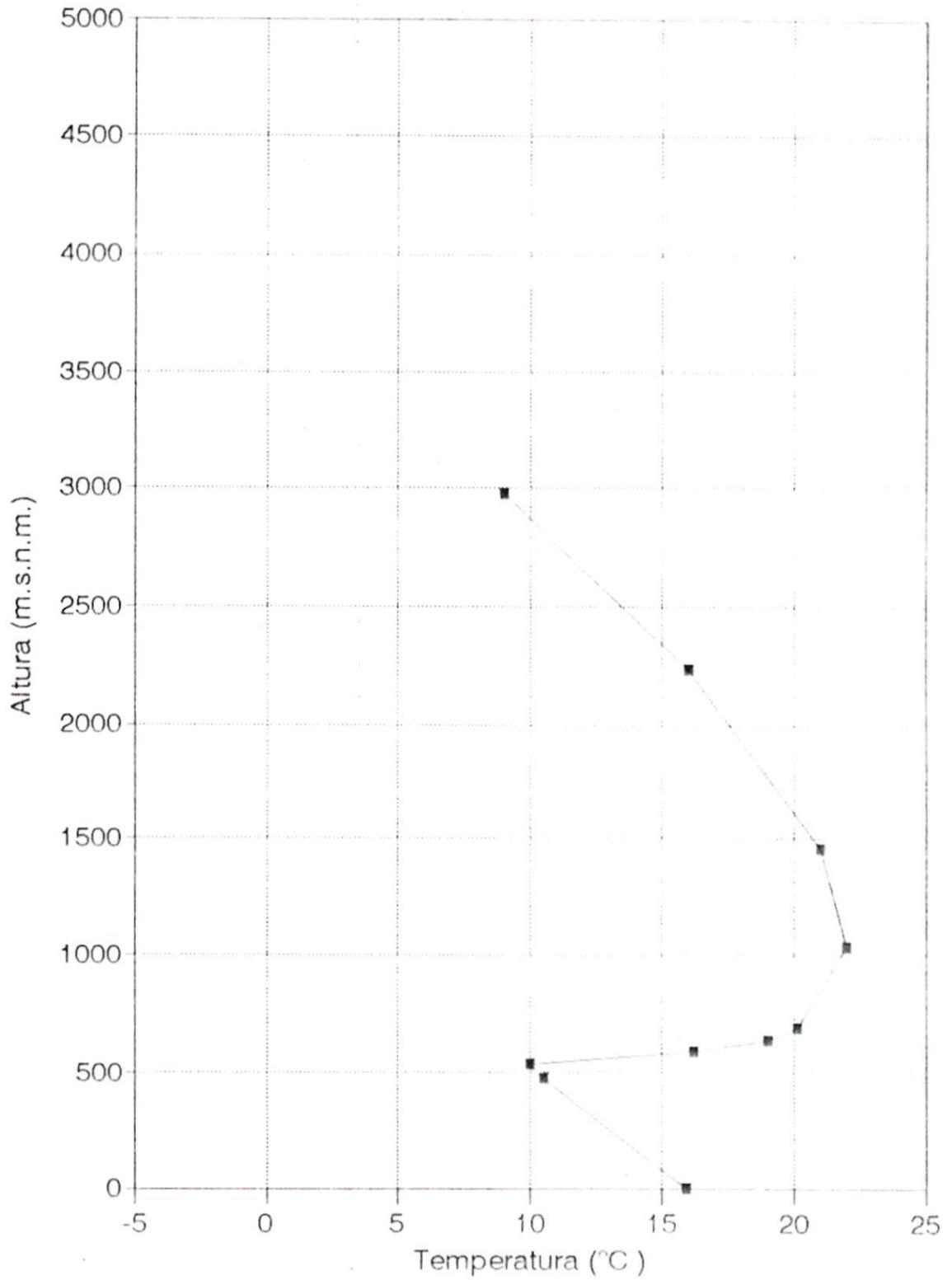


Figura 105

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 10/91. Hora:05:00

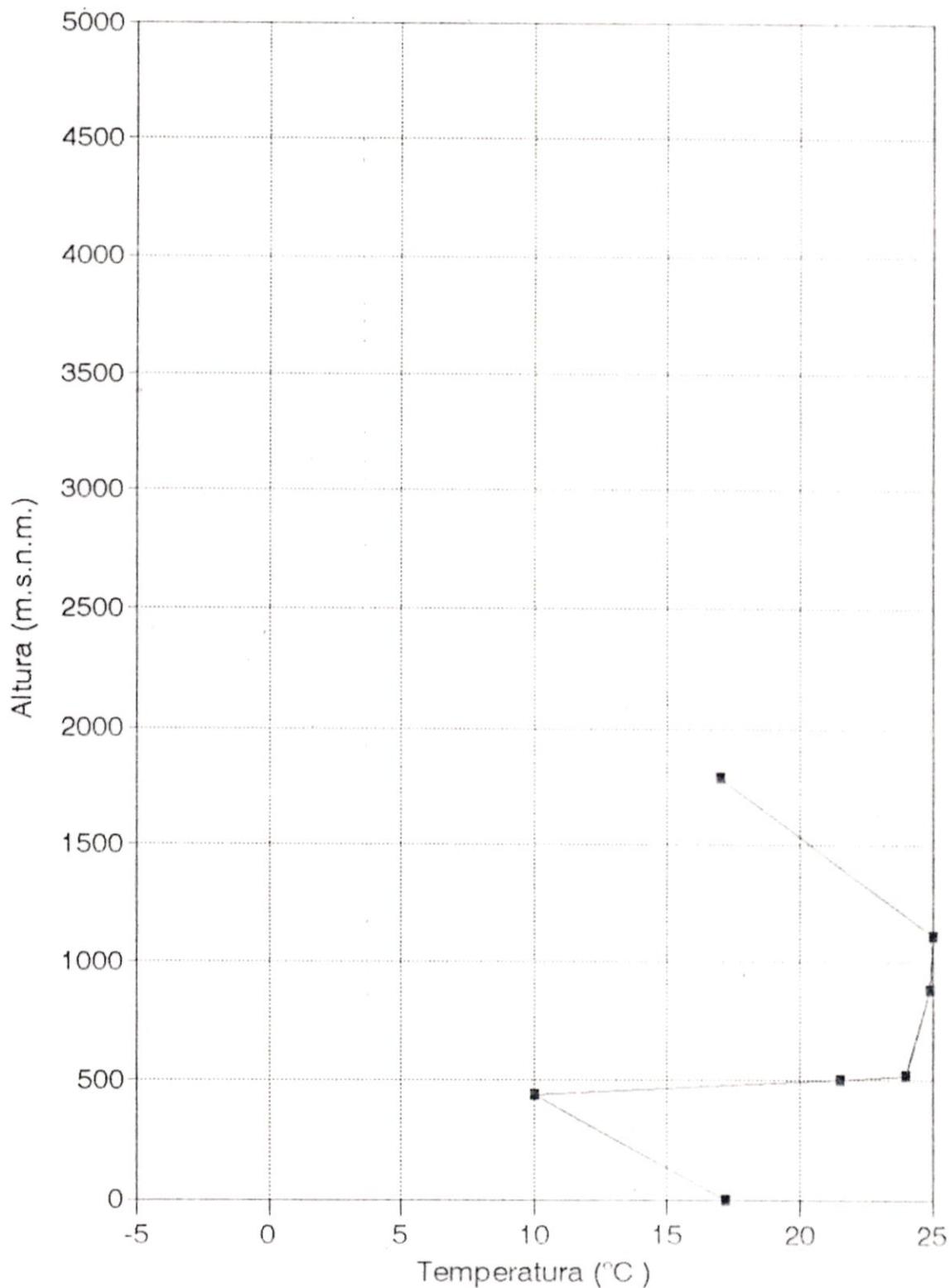


Figura 106

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 10/91 Hora:08:00

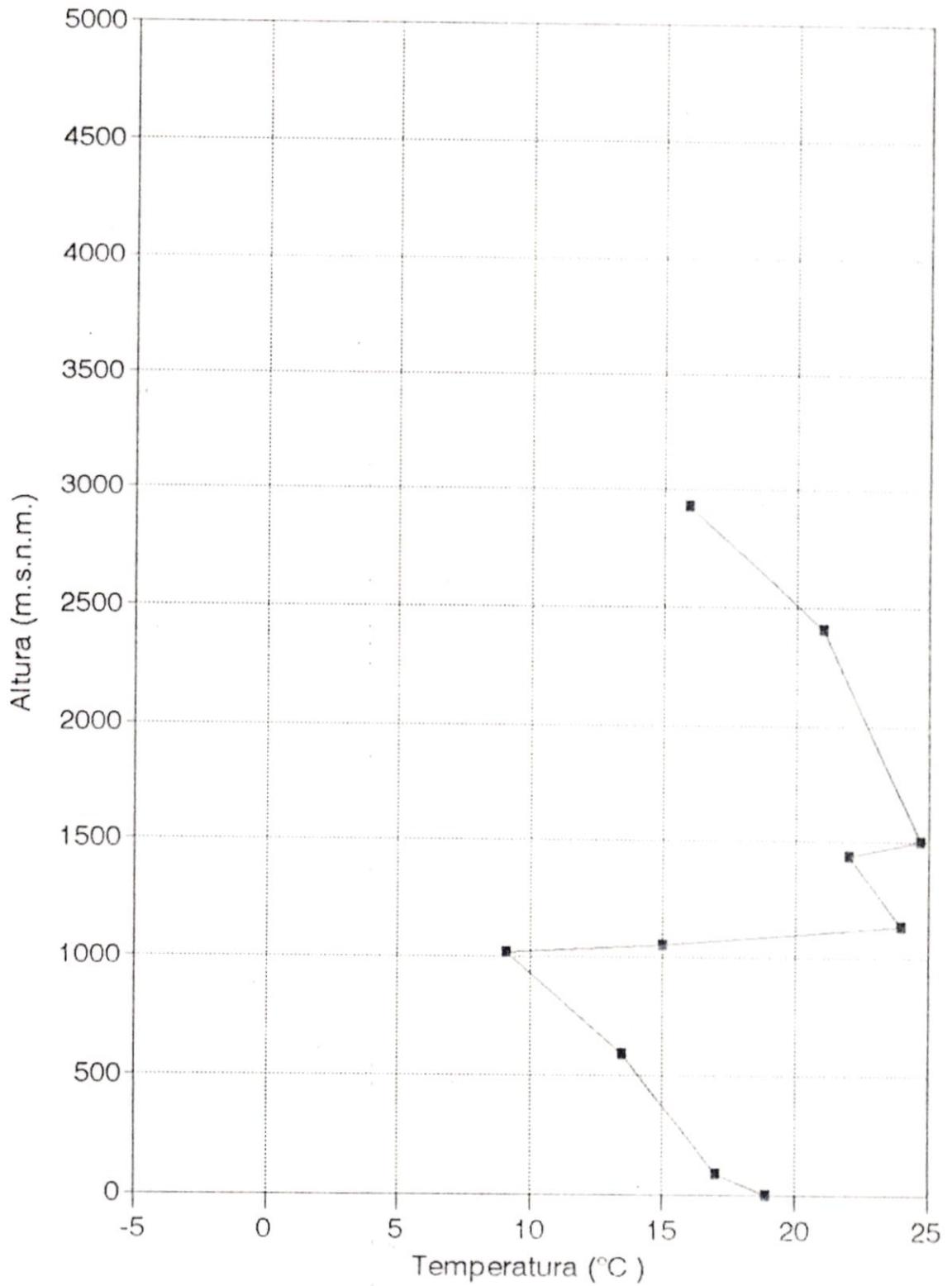


Figura 107

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 10/91 Hora:12:00

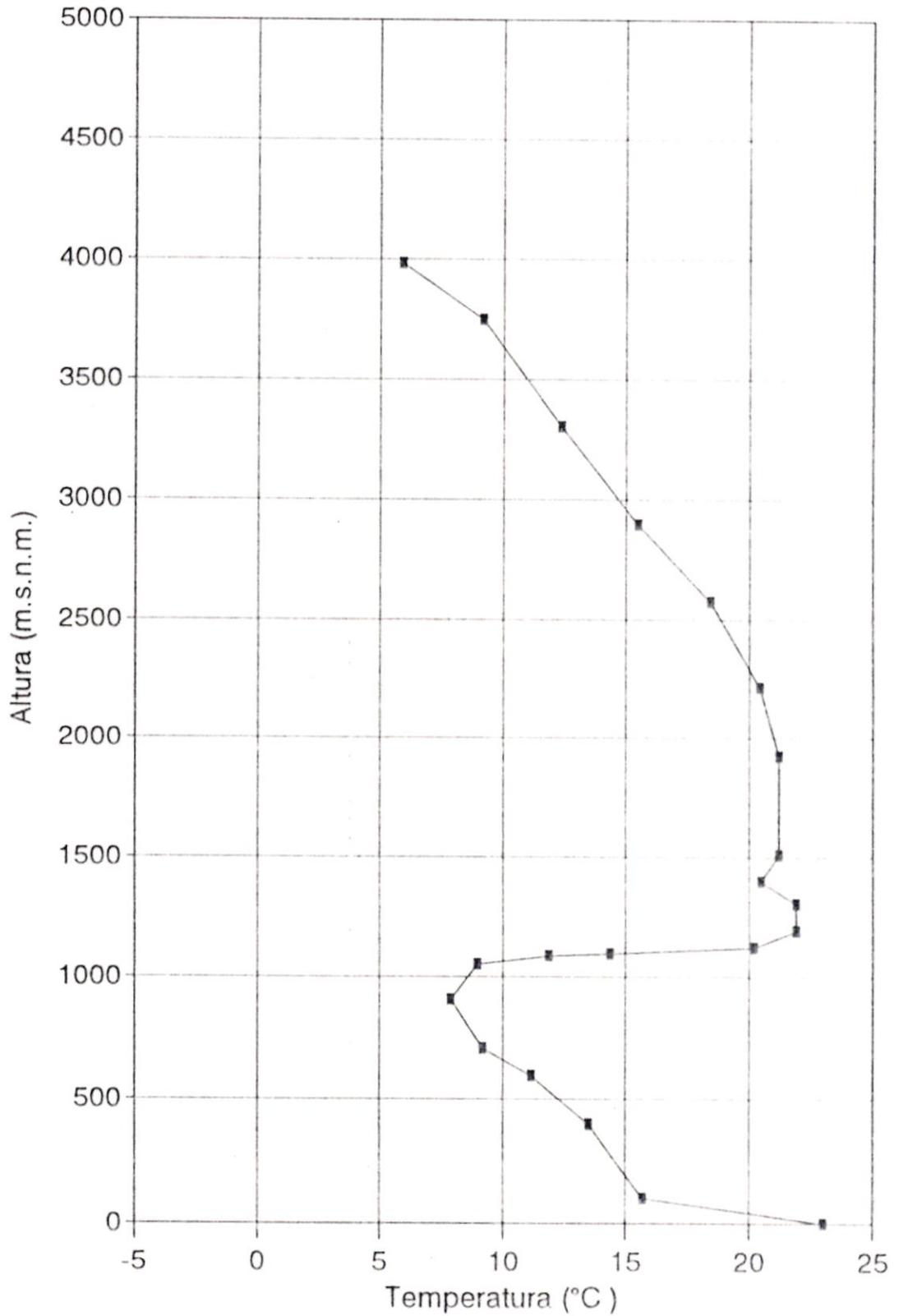


Figura 108

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 10/91 Hora:16:00

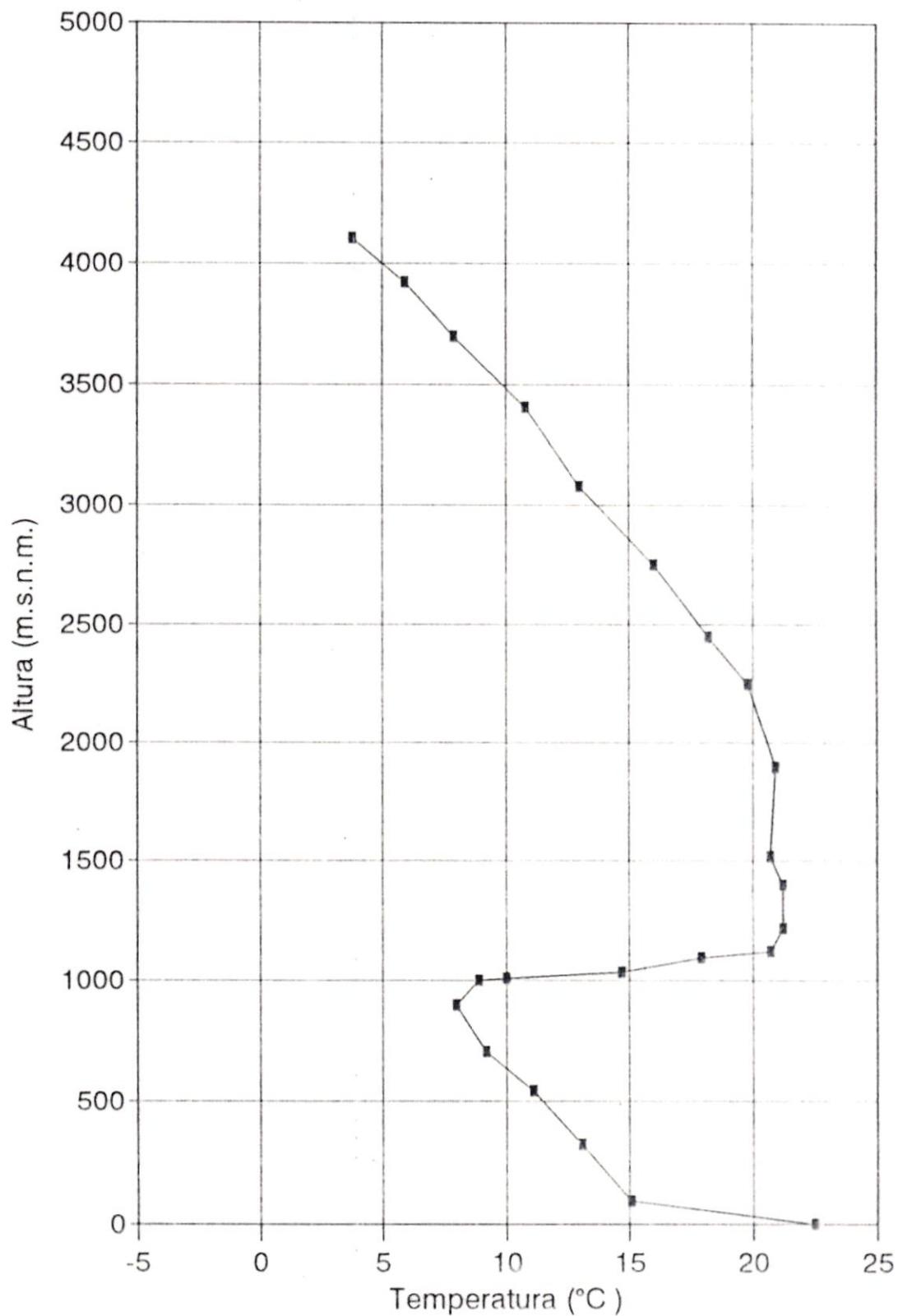


Figura 109

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 10/91 Hora: 19:00

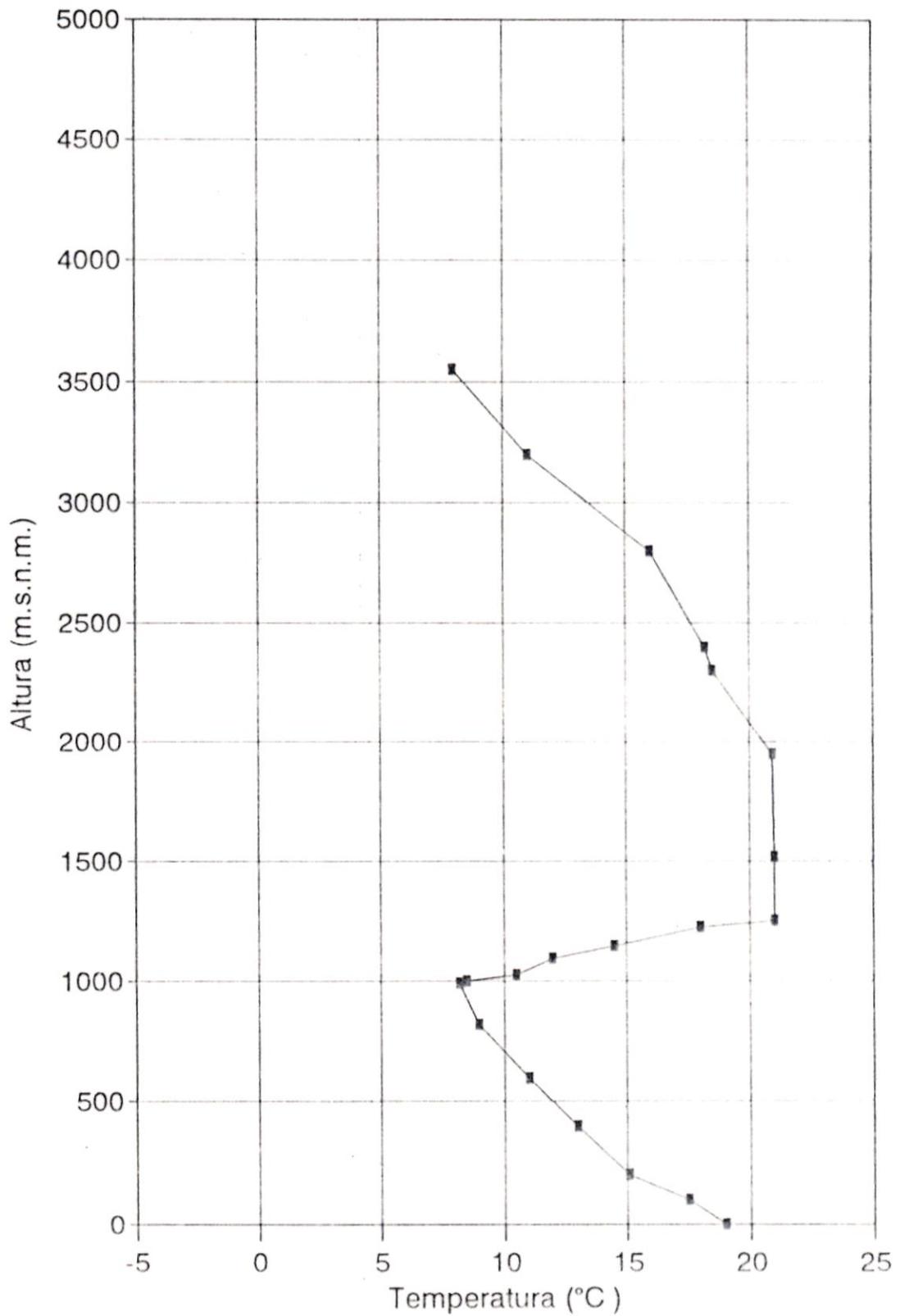


Figura 110

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 10/91 Hora:21:00

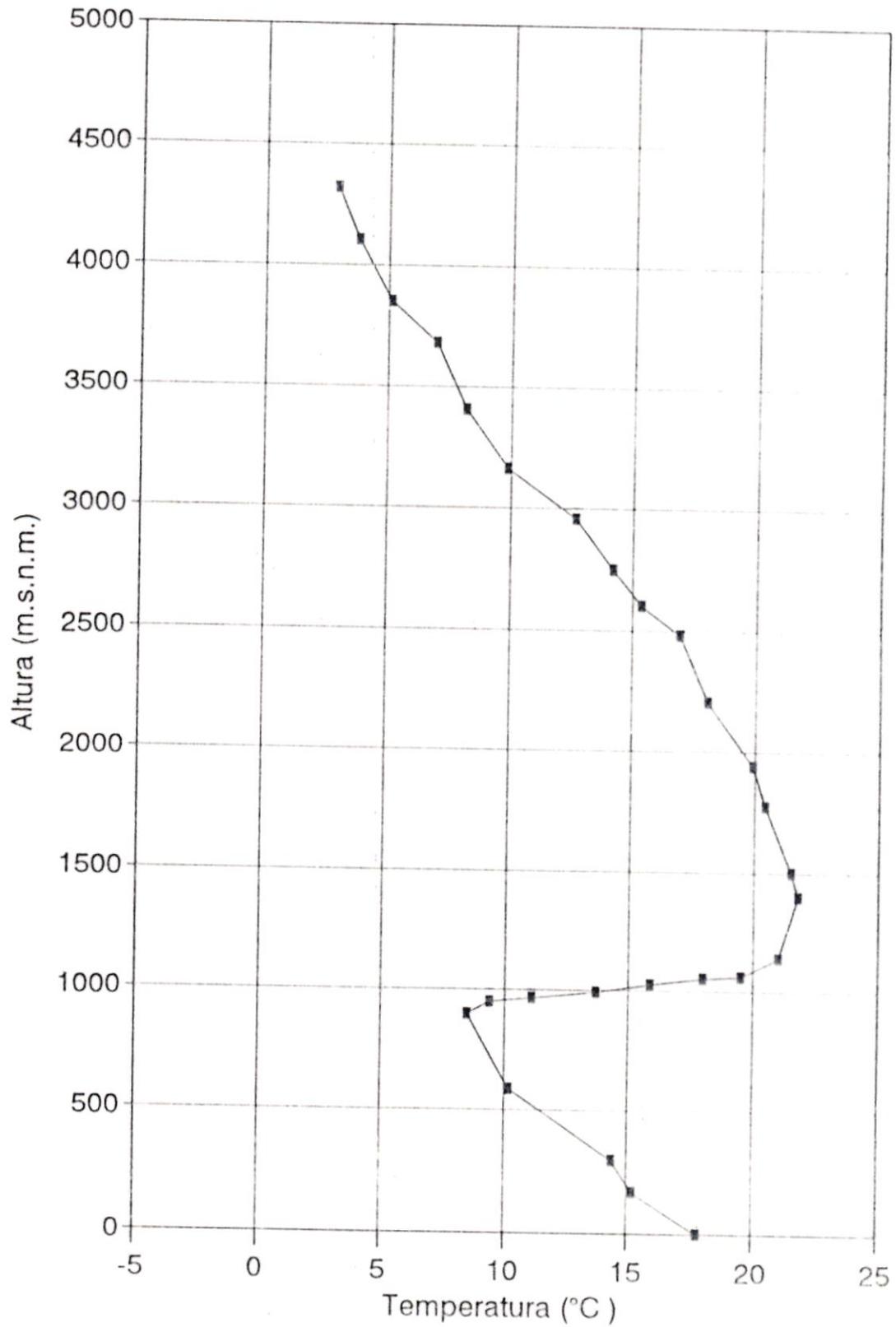


Figura 111

Perfil Vertical de Temperatura

Valle ILO. Setiembre 11/91 Hora:09:00

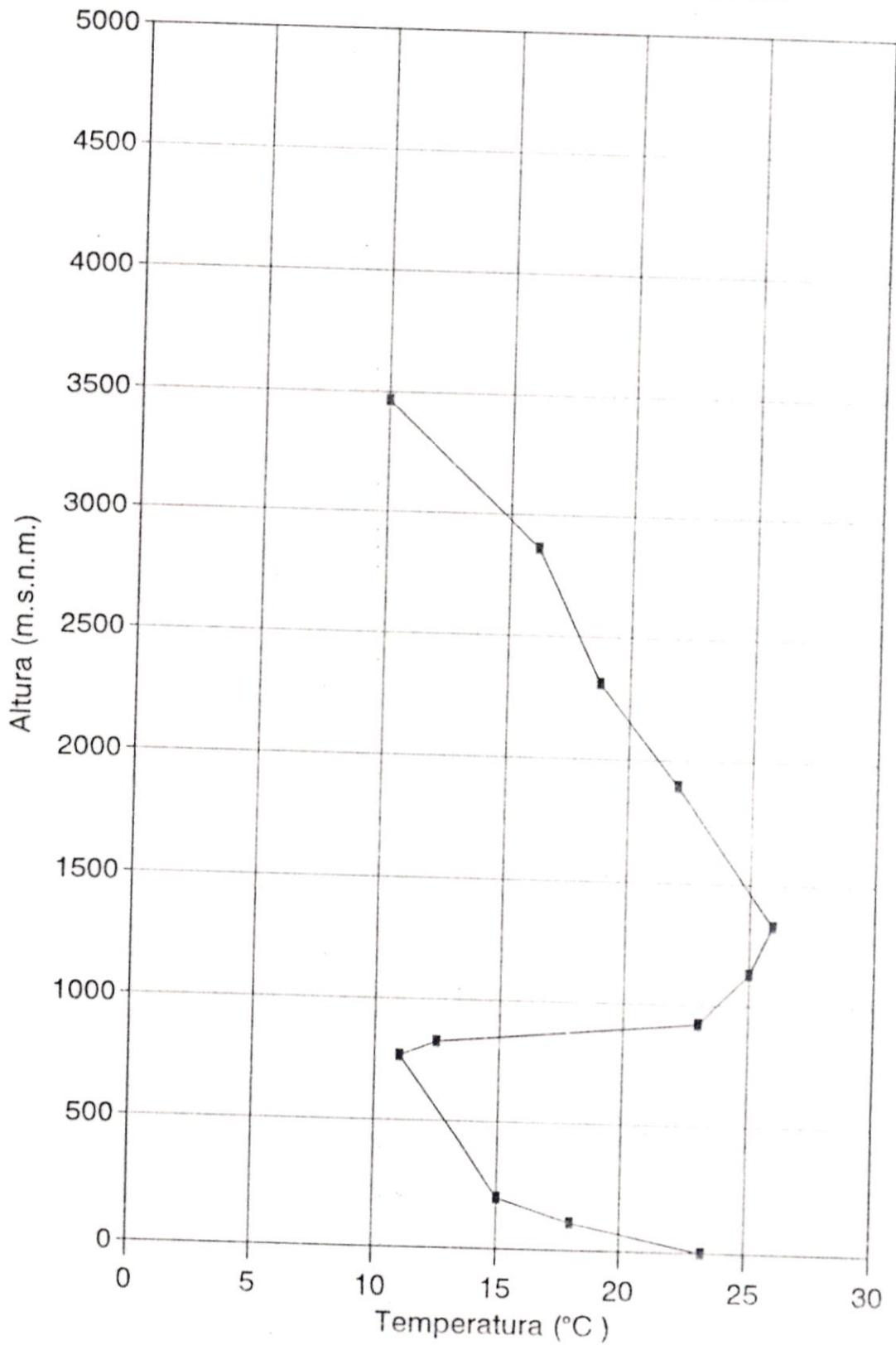


Figura 112

Perfil Vertical de temperatura

Valle ILO. Setiembre 11/91. Hora 12:00

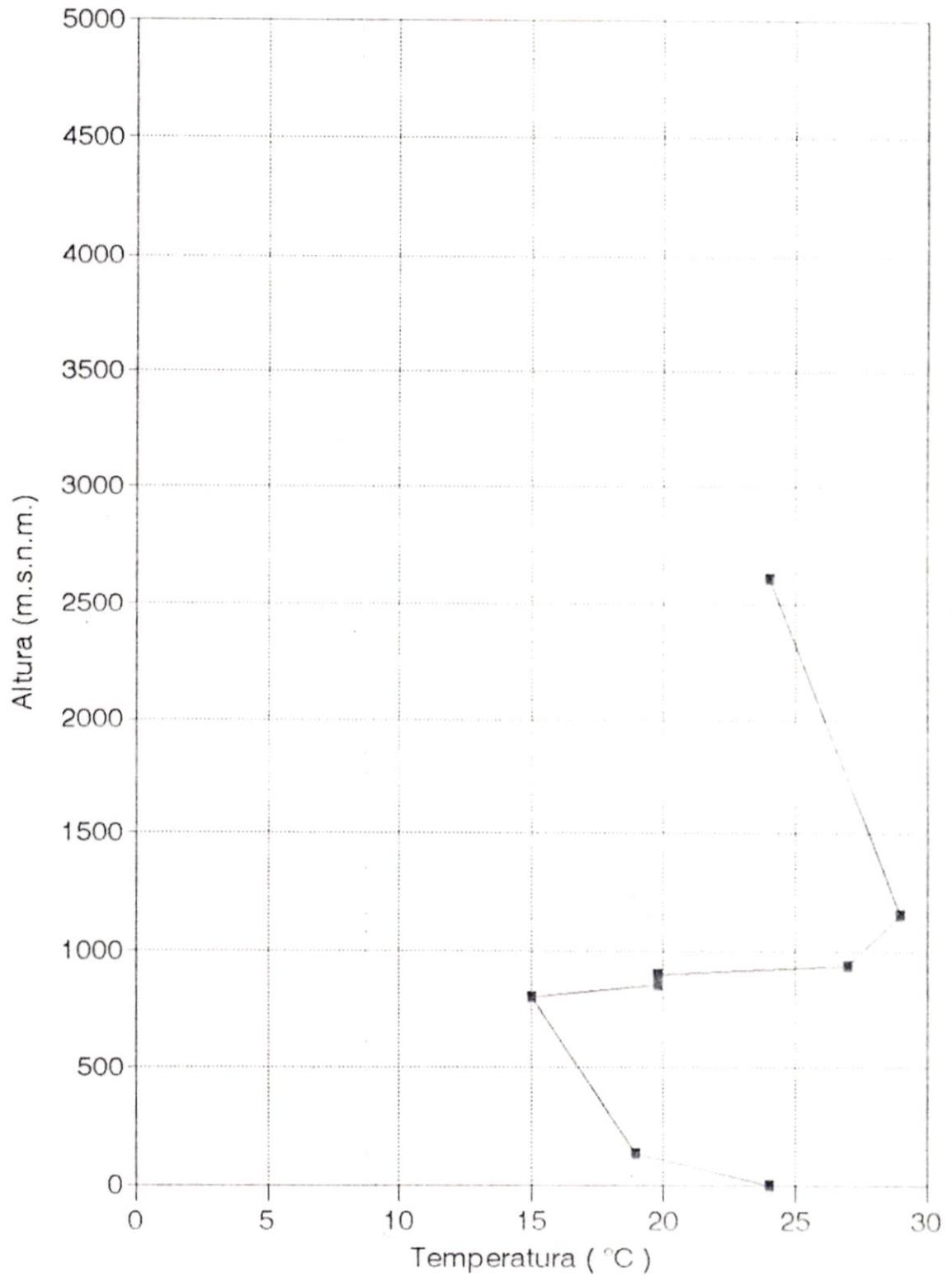


Figura 113

Perfil Vertical de Temperatura

Valle ILO. Setiembre 11/91 Hora:15:00

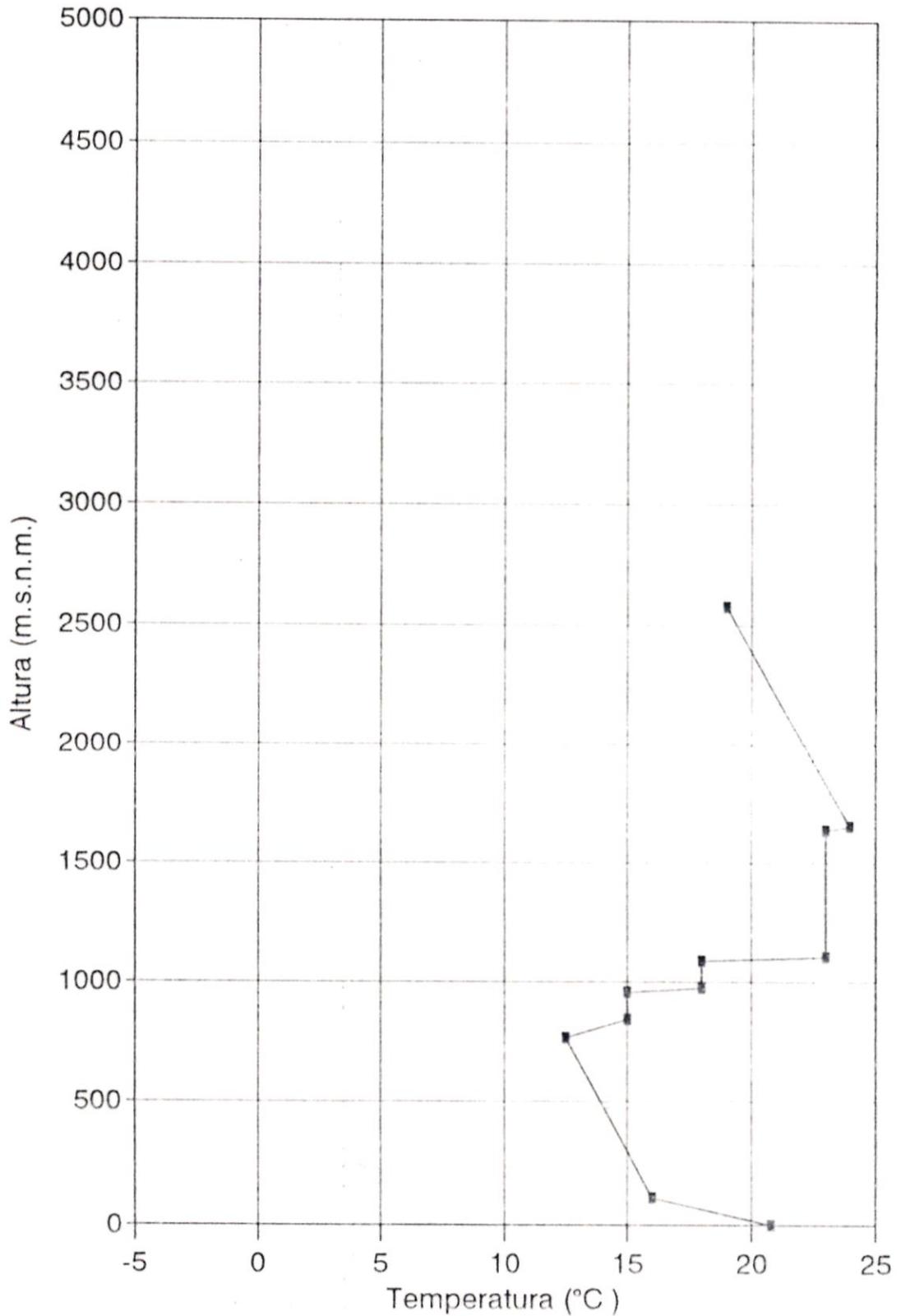


Figura 114

Perfil Vertical de Temperatura

Valle ILO. Setiembre 11/91 Hora:17:15

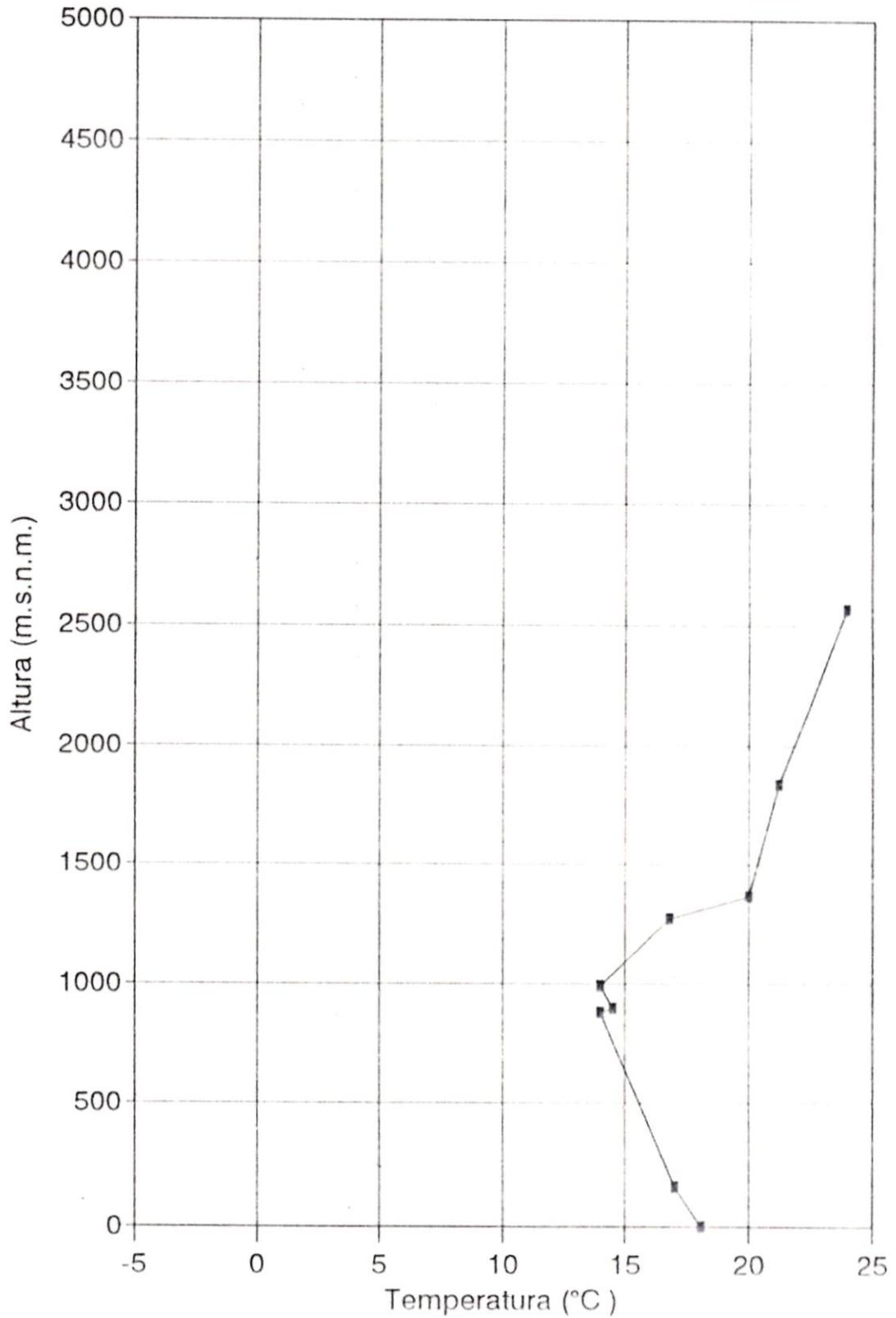
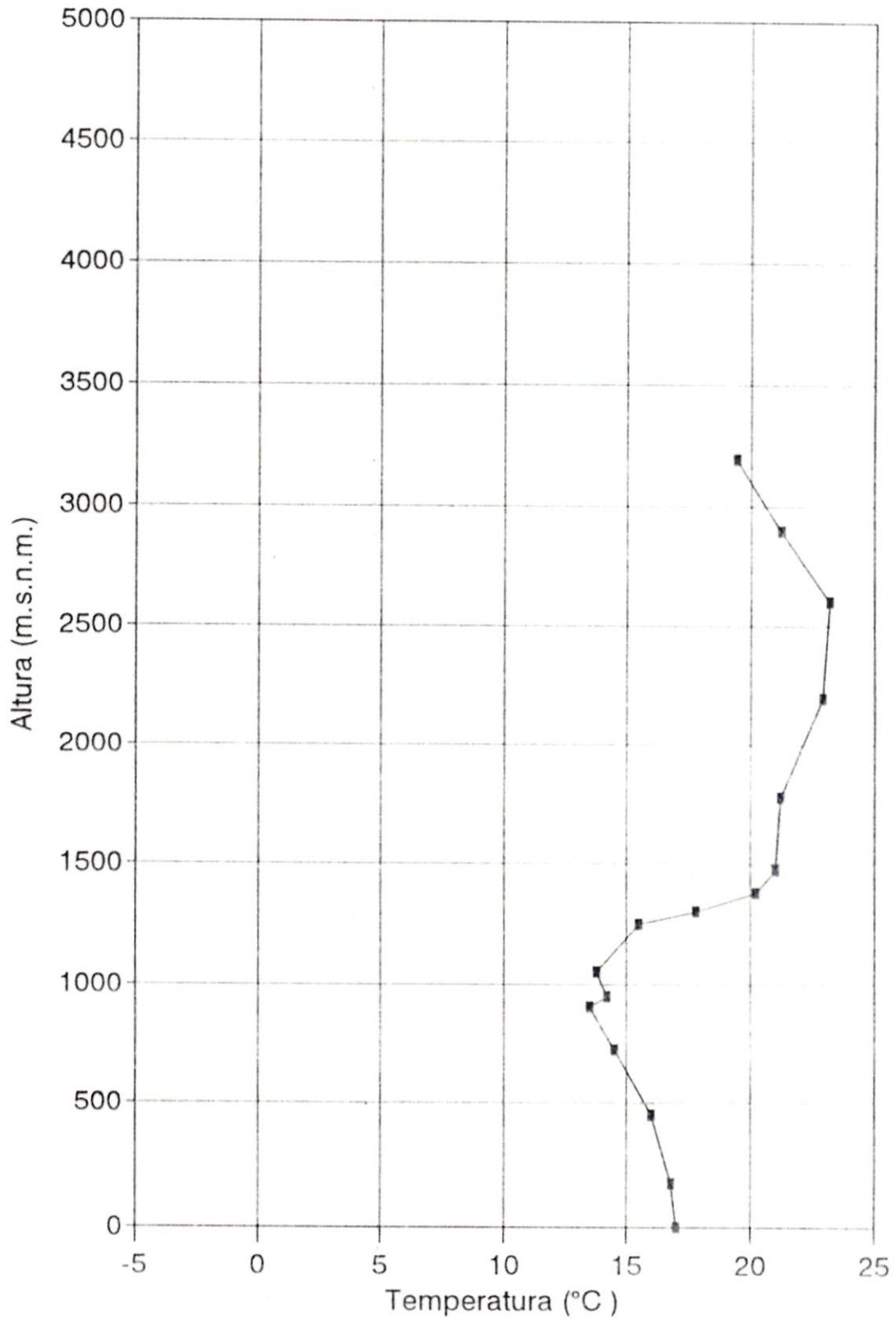


Figura 115

Perfil Vertical de Temperatura

ILO. Campaña Setiembre 11/91 Hora:19:00



DISTRIBUCION TEMPORAL DE LA INVERSION PUERTO DE ILO - 7 AL 10 SETIEMBRE 1991

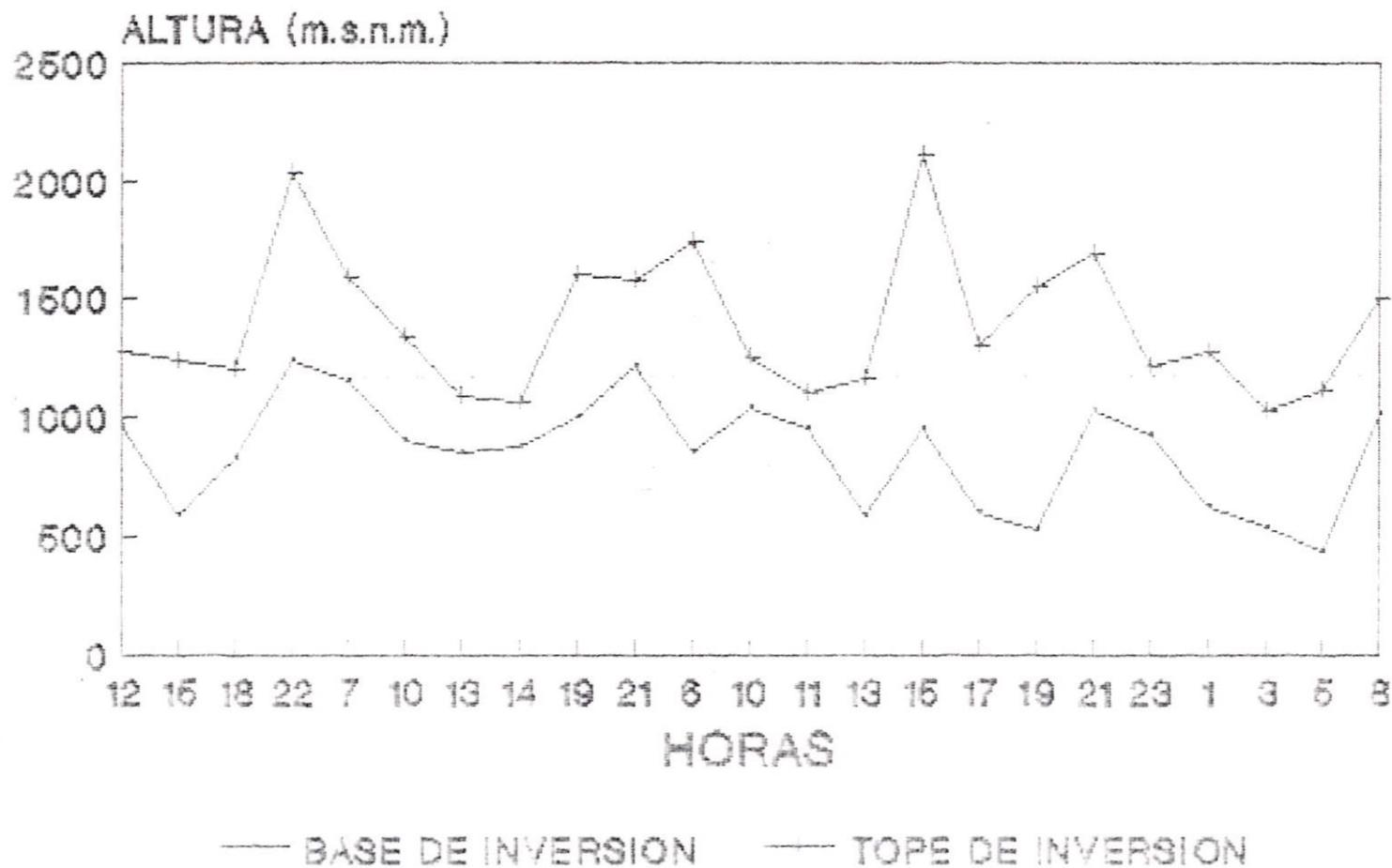


Figura 116

DISTRIBUCION TEMPORAL DEL ESPESOR PUERTO ILO - 7 AL 10 SETIEMBRE 1991

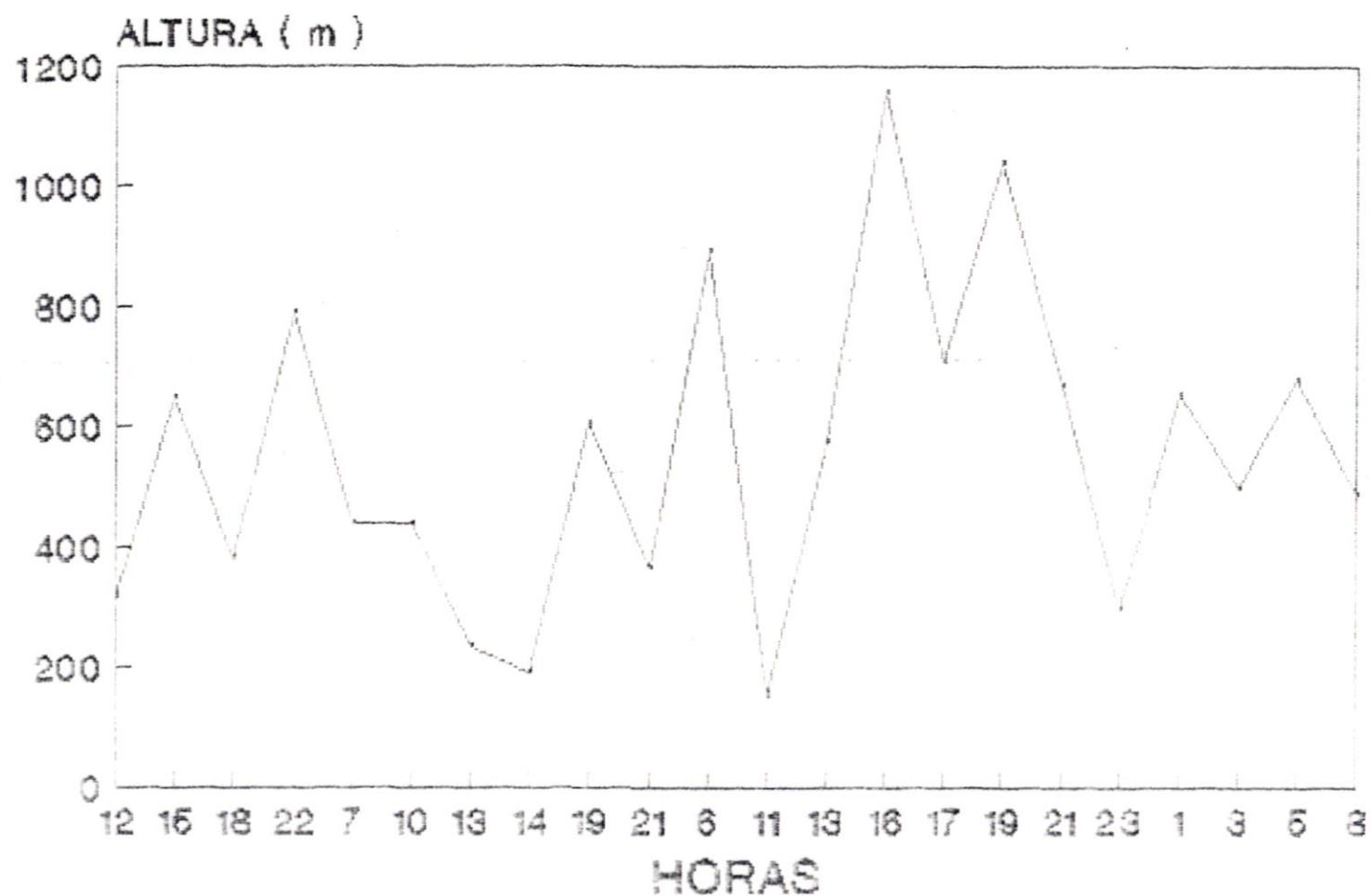


Figura 117

DISTRIBUCION TEMPORAL DE LA INTENSIDAD PUERTO ILO - 7 AL 10 SETIEMBRE 1991

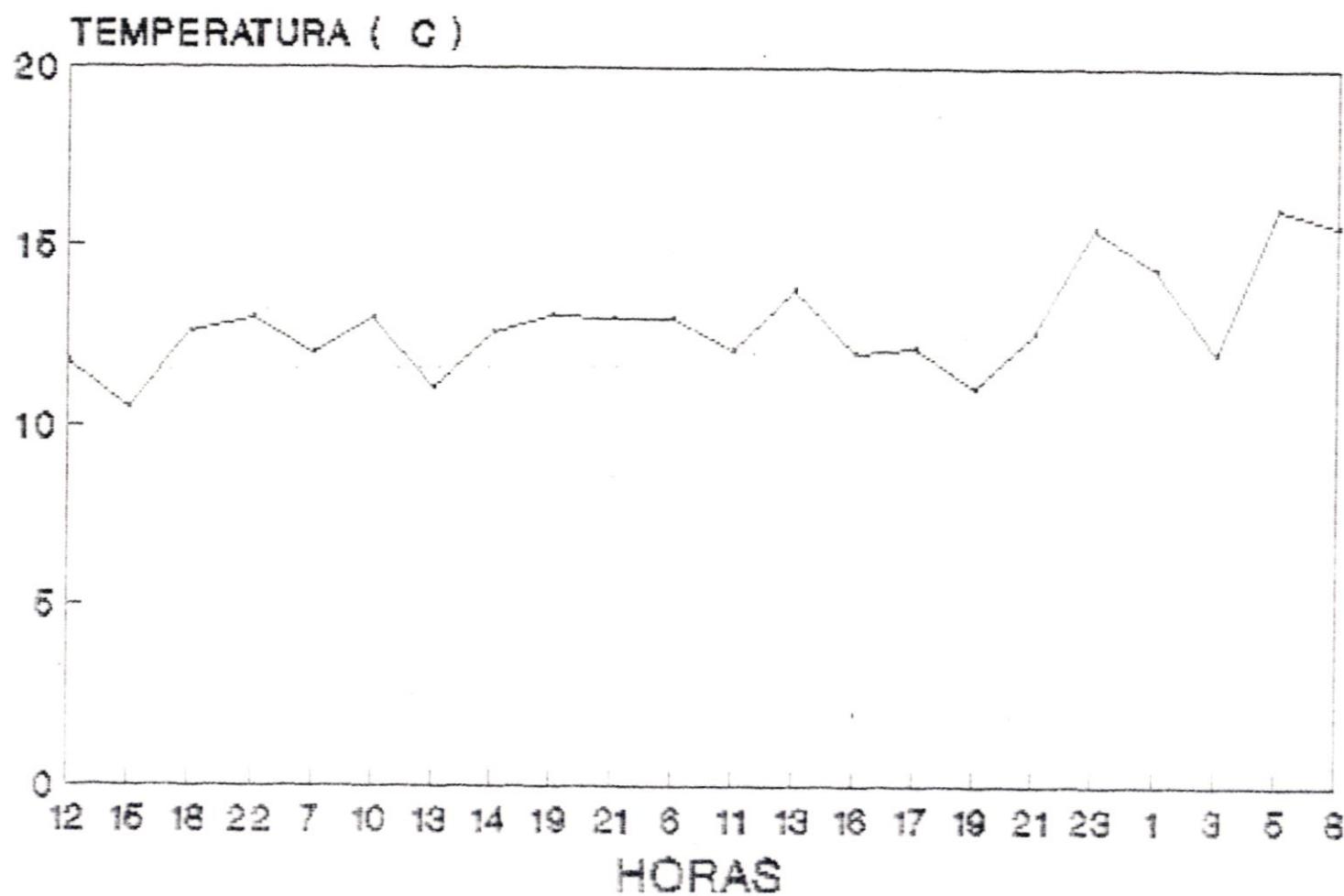


Figura 118

TEMPERATURA EN LA BASE DE LA INVERSION PUERTO ILO - 7 AL 10 SETIEMBRE 1991

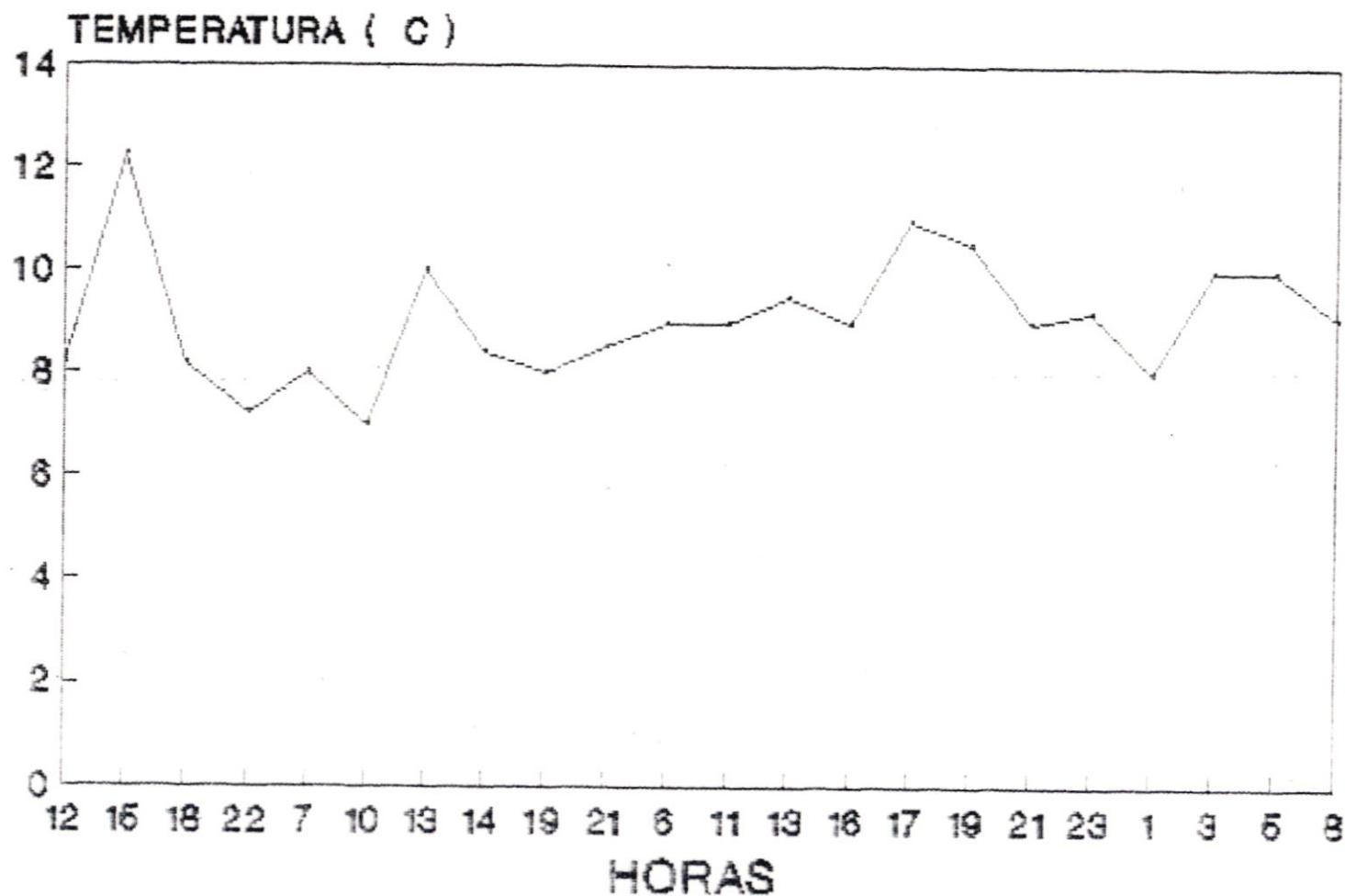


Figura 119

DISTRIBUCION TEMPORAL DE LA INVERSION VALLE DE ILO - 11 SETIEMBRE 1991

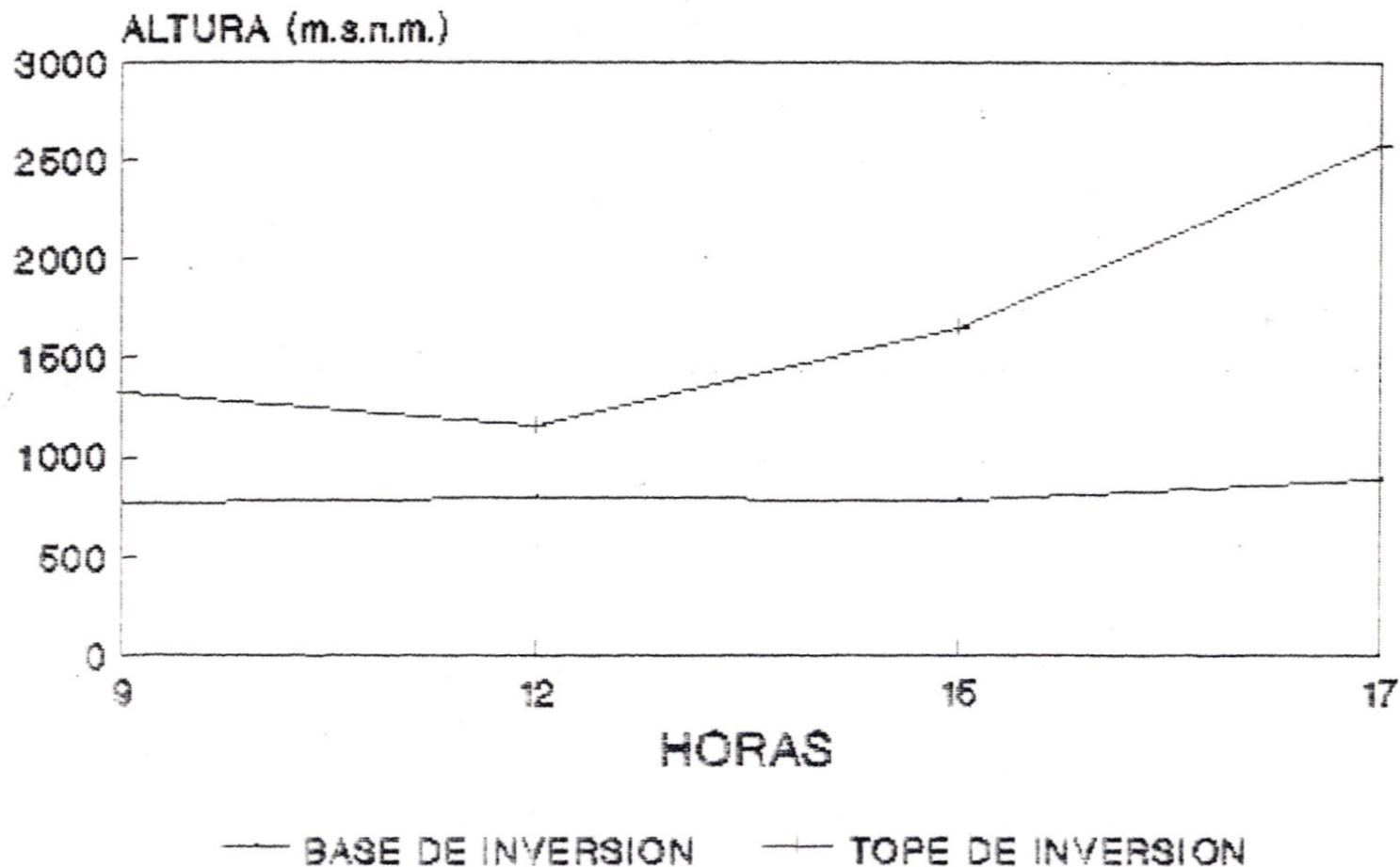


Figura 120