

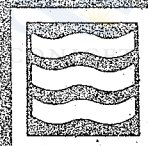
Estadística de la Red Micrometeorológica de Puerto Madryn y Aplicaciones a Modelos de Difusión

por
Mercedes Rivero y
Vicente Barros

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas
Secretaría de Estado de
Ciencia y Tecnología

Marzo 1980

Centro Nacional Patagónico
Contribución N°. 25



CENTRO
NACIONAL
PATAGONICO



**CENTRO NACIONAL PATAGONICO
CONTRIBUCION Nº. 25**



MARZO 1980



**Estadística de la Red Micrometeorológica de
Puerto Madryn y Aplicaciones a
Modelos de Difusión**

por

**Mercedes Rivero y
Vicente Barros**

**Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - CONICET
Secretaría de Estado de Ciencia y Tecnología - SECYT
Centro Nacional Patagónico**

**28 de Julio esq. J. A. Roca - PUERTO MADRYN 9120
Chubut - Argentina**





RESUMEN



Se describe la microred de estaciones anemográficas instaladas en Puerto Madryn y los resultados de las estadísticas del año Setiembre 1974-Agosto 1975.

La marcha diurna y anual de la intensidad del viento así como la distribución conjunta por dirección y fuerza son mostradas en gráficos y tablas apropiados.

Se aplican los resultados a dos modelos Gaussianos simples de difusión, uno de un área fuente y otro de una fuente puntual.



ABSTRACT



Wind measurements taken in Pto. Madryn in a micro-red are described, as well as their statistical results for the year September 1974 - August 1975.

Diurnal and annual variations and the joint distribution for wind speed and direction are shown in proper graphics and tables.



Results are applied to gaussian diffusion models for area-source and typical point source.



1.- LA MICRORRED DE INFORMACION METEOROLOGICA DE PUERTO MADRYN.-

Con motivo de los estudios relacionados con la preservación del ambiente en Puerto Madryn, se instaló una red de instrumental meteorológico en su mayoría de carácter registrador, en la ciudad y en los alrededores.

La Fig. 1 destaca la ubicación de las estaciones, el área de la ciudad, el muelle A. Storni recientemente construido y la planta de aluminio de ALUAR. Como se puede apreciar de las líneas de cota, el terreno presenta irregularidades notorias que unidas a una costa accidentada pueden dar lugar a modificaciones en los flujos de viento en la zona. Ello pudo comprobarse a posteriori como se ha mostrado en un informe anterior, V. Barros y M. Rivero, 1975.

La red fue instalada en 1974 y comprendía originalmente las estaciones numeradas de 1 a 6, donde funcionaban anemógrafos y termohigrógrafos. El funcionamiento efectivo de esta red se logró a partir del mes de setiembre de 1974 con la incorporación de los autores al proyecto y su radicación en Puerto Madryn.

A partir del segundo año de observaciones se modificó la red, de forma de abarcar un área más extensa, para tener en cuenta que el parque industrial se extenderá hasta la playa Doradillo y que ha habido proyectos industriales para la zona sur de Puerto Madryn.

Los anemógrafos son de marca SIAP modelo AG 11 que consisten en un sistema compuesto por un anemómetro a copelas tipo Robinson y una veleta. El registro se hace mecánicamente al igual que todas las transmisiones estando diseñados para un uso sin atención durante un mes.

Si bien el registrador se encuentra muy próximo a los sensores, se presentan a menudo dificultades, en parte debidas al entorpecimiento en el mecanismo de relojería por efecto del polvo.

La experiencia indicó, que al menos en la zona de Pto. Madryn, la única posibilidad de uso de estos aparatos es mediante un control a siduo y para esto se hacen inspecciones dos veces por semana.

Las pequeñas fallas de funcionamiento pueden quizás atribuirse más a las severas condiciones a que se exponen los aparatos en esta región que a defectos del instrumental.

Aunque existen otros tipos de anemómetros de muy reciente desarrollo que no utilizan piezas móviles, el análisis de las ventajas, limitaciones y costos basado en un informe reciente, R. Stone - J. Bradley, 1977, nos inclina a creer que este tipo de anemómetro es el más adecuado para estudios como el presente, aunque modificado / con un sistema de registro en cinta magnética.

Una vez cambiadas las fajas registradoras, que duran aproximadamente un mes, son analizadas a fin de corregir errores, en base a las anotaciones que se le hacen en cada inspección y al estudio comparado de todas las estaciones.

El trabajo de vigilancia no es siempre óptimo debido a las dificultades que surgen al tener que realizarla a 10 metros de altura en las torres en que se hallan los anemógrafos.

Luego de corregidas, las fajas son leídas obteniéndose un dato de velocidad y dirección media para cada intervalo de una hora.

Esta es una tarea muy lenta que podría ser obviada, al igual que varios de los pasos posteriores, con un registrador en cinta magnética. Las fajas "leídas", esto es con los valores numéricos escritos sobre ellas, son revisadas y luego pasadas a planillas, las que posteriormente son enviadas a perfoverificación, para finalmente mediante el uso de una computadora, grabar toda la información/ en cinta magnética. En este estado se encuentra lista para un uso ágil y adecuado.

Resultaría incómodo el empleo directo de tarjetas debido a su gran número, 8760, únicamente para los datos de viento de un año.

En el momento actual los datos de viento del primer año, setiembre 1974-agosto 1975, ya se hallan en una cinta magnética, los del segundo año se están perfoverificando, y los del tercer año se hallan en el proceso de lectura y pasaje a planillas para su perfoverificación.

Los resultados que se presentan aquí corresponden al primer año y nos dan sólo una aproximación a la climatología del viento en la zona ya que no constituyen la cantidad necesaria de datos independientes como para asegurar altos valores de significación estadística.

2.- LA MARCHA DIURNA Y ANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO.

La Fig. 2 muestra la velocidad media anual del viento en función de la hora del día para cada una de las 6 estaciones. Cada punto graficado es casi siempre el promedio calculado con un número de datos de alrededor de 300 y nunca menor de 200, pues los defectos del instrumental y otras dificultades operativas no permitieron el funcionamiento óptimo de la red.

Si se comparan los valores de las distintas estaciones se aprecia:

- 1º) Que el mayor viento se registra en las que se hallan ubicadas en la meseta: estaciones Nros. 5 y 6.
- 2º) Que la estación N°4 ubicada dentro de la depresión de Pto. Mardryn, pero sobre el eje de una loma, sigue a las de la meseta en la magnitud del viento.
- 3º) Las estaciones Nros. 2 y 3 presentan valores similares pero la fluctuación entre el valor máximo y mínimo medio diario es mayor en la 2. Esto se debería a que el enfriamiento nocturno / que inhibe el viento en superficie no es tan efectivo en la estación N°3, cercana al mar, ya que al estar a menor altura // (más protegida) la incidencia de los vientos más fuertes también es menor.
- 3º) La estación N°1 ubicada en la ciudad presenta valores próximos a la mitad de los de las restantes estaciones. Quizás esta relación no sea tan pronunciada y en realidad se deba a que la / estación no funcionó durante parte de la primavera, que es el período del año más ventoso. No obstante ello, el viento en la estación 1, en todos los períodos del año, es por lo menos un 30% menor que el de las otras estaciones.

5º) La máxima intensidad de viento se da a las 15 hs. en todas las estaciones y la mínima a las 21 ó 22 hs. según el caso, siendo esto el reflejo de un fenómeno local analizado en un informe anterior, que consiste en una calma luego del anochecer, seguida por un fuerte máximo nocturno en la intensidad del viento. Barros y Rivero, 1975. Como este máximo se da a diferentes horas según la época del año y aún en un mismo mes, no se refleja como tal sino en un valor constante durante la noche.

Algunas estaciones presentan un leve máximo a las 3 de la mañana. Luego, a las 7 de la mañana el incremento del viento es rápido e igualmente lo es el descenso luego de las 17 hs.

Las velocidades medias de ese año son las que se muestran en el Cuadro 1, y son del orden de 20 Km/h. excepto en la estación 1.

Los datos procesados por la Estación del Servicio Meteorológico Nacional, juntamente con los datos recogidos por Mazzeo y otros, 1974, dan valores más bajos, del orden de 12 a 15 Km/hora. La diferencia debe atribuirse al método e instrumental de medición. Los valores medios son más adecuadamente medidos con nuestros anemógrafos.

CUADRO 1

ESTACION	VELOCIDAD Media anual (Km/h)
1	10,5
2	18,5
3	18,0
4	19,8
5	20,1
6	21,3



Las figuras 3A y 3B muestran la marcha diurna de la velocidad para las estaciones números 3 y 6 respectivamente durante las cuatro estaciones del año, definidas aquí por trimestres, por ejemplo: la primavera comprende setiembre, octubre y noviembre. Se ve que el máximo se corre durante el año. En verano se presenta a las 18 hs. en la estación 6 a las 17 hs. en la estación 3, y en el invierno a las 14 hs. en ambas estaciones, pero ya desde las 11 hs. el valor es casi el mismo en la estación 6 y aumenta poco en la estación N° 3.

En otoño e invierno se aprecia un débil máximo nocturno, reflejo de situaciones particulares con un pronunciado máximo.



Aunque el valor horario medio máximo se da en verano y es 27,7 Km/hora para la estación 6 y 23.8 Km/h para la estación 3, el valor medio diario es mayor en primavera. Durante el otoño el viento es sensiblemente menor.

El Cuadro II presenta la velocidad del viento durante los doce meses en la estación N° 3.



C U A D R O I I

MES	ENE	FEB.	MAR.	ABR.	MAYO	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
Velocidad media Km/hora.-	18.4	20.0	16.4	19.5	14.2	16.4	20.6	18.9	20.1	19.0	20.2	17.8



3.- DISTRIBUCION CONJUNTA DE DIRECCION Y VELOCIDAD.

Se han calculado las distribuciones conjuntas de dirección y velocidad de todas las estaciones mes a mes, agrupadas por época del año y finalmente la distribución para todo el año.

El Cuadro III presenta estas distribuciones para las 6 estaciones, / de los valores anuales en porcentos. Las diferencias entre estas estaciones es mucho más manifiesta en las diferentes frecuencias de velocidad que en las de dirección. Las direcciones prevalentes son las del oeste-noroeste y las menos frecuentes son las del sudeste.-

En las estaciones de la meseta (Nros. 5 y 6) se presenta con menor frecuencia el viento del este, ya que la brisa la alcanza menos frecuentemente, Barros-Rivero, 1975, mientras que los vientos del sector norte, 325° a 45°, parecen ser mucho más frecuentes que en la depresión. Como el número de horas de funcionamiento es diferente / para cada estación, las comparaciones deben hacerse más detenidamente a través de funciones de correlación cruzada.

El Cuadro IV presenta las distribuciones conjuntas de dirección y velocidad para las cuatro estaciones del año en la estación N° 3.-

Se aprecia la mayor frecuencia de viento del oeste. En otoño e invierno los estes son muy escasos, mientras que se hacen más frecuentes los vientos del norte. Los vientos muy fuertes son casi exclusivamente del oeste y del oeste-noroeste y son más frecuentes en primavera y muy escasos en otoño.



C U A D R O III

DISTRIBUCION CONJUNTA RESPECTO DE VELOCIDAD Y DIRECCION EN PORCENTAJE.

ESTACION 1.

Dirección Ran- go de Vel. Km/h. -	345	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	0
	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	360
0 - < 6	1.46	1.55	1.78	1.40	0.53	0.66	2.00	1.17	2.34	4.65	2.74	2.53	22.82
6 - < 12	2.70	2.19	2.84	2.04	0.68	0.93	1.30	1.72	5.07	11.42	3.18	2.72	36.79
12 - < 20	1.93	1.87	2.55	1.25	0.45	0.62	0.89	1.12	4.99	6.64	2.21	2.85	27.38
20 - < 30	0.93	0.55	1.21	0.51	0.06	0.19	0.40	0.85	3.42	2.31	0.87	0.81	12.10
30 - < 40	0.0	0.08	0.06	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.30	0.02	0.02	0.79
≥ 40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.11	0.0	0.0	0.11
≥ 0	7.01	6.24	8.43	5.22	1.72	2.40	4.59	4.86	16.13	25.43	9.02	8.94	100.00

C U A D R O III (Continuación)

DISTRIBUCION CONJUNTA RESPECTO DE VELOCIDAD Y DIRECCION EN PORCENTAJE.

ESTACION 2.

Dirección Ran- go de Vel. Km/h. -	345	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	0
	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	360
0 - < 6	0.57	1.01	1.43	0.94	0.42	0.30	0.46	0.24	0.61	1.15	0.77	0.59	8.48
6 - < 12	1.43	2.28	2.33	2.22	0.81	0.71	1.31	1.12	1.79	2.72	2.09	1.35	20.16
12 - < 20	1.55	1.94	3.05	2.80	0.61	0.85	1.08	1.21	3.94	6.42	2.24	1.75	27.43
20 - < 30	2.41	1.56	2.14	1.85	0.54	0.78	1.71	2.29	5.74	5.81	2.53	2.40	29.77
30 - < 40	1.44	0.63	0.09	0.19	0.04	0.22	0.61	1.24	2.97	1.75	0.63	0.89	10.70
> 40	0.31	0.07	0.01	0.0	0.0	0.11	0.22	0.40	0.88	1.15	0.15	0.16	3.45
> 0	7.71	7.49	9.06	8.01	2.41	2.97	5.38	6.51	15.92	18.99	8.41	7.14	100.00

C U A D R O I I I (Continuación)

DISTRIBUCION CONJUNTA RESPECTO DE VELOCIDAD Y DIRECCION EN PORCENTAJE

ESTACION 3.

Dirección Ran- go de Vel. Km/h. -	345	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	0
	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	360
0 - < 6	0.54	0.84	1.09	1.33	0.74	0.37	0.42	0.60	0.94	0.84	0.57	0.53	8.82
6 - < 12	0.92	1.70	2.39	2.61	1.09	0.62	0.93	1.40	1.57	3.05	1.68	0.98	18.91
12 - < 20	1.75	1.56	2.62	2.03	0.59	0.86	0.89	1.77	3.29	3.16	3.43	2.90	24.84
20 - < 30	3.78	1.54	1.93	1.27	0.46	0.94	0.90	1.52	5.65	7.54	4.51	5.19	35.22
30 - < 40	1.50	0.74	0.14	0.13	0.01	0.08	0.16	0.48	2.73	2.45	0.60	0.77	9.79
> 40	0.12	0.10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.16	0.87	1.07	0.08	0.01	2.41
> 0	8.60	6.48	8.17	7.36	2.88	2.87	3.31	5.93	15.04	18.12	10.87	10.37	100.00

C U A D R O III (Continuación)

DISTRIBUCION CONJUNTA RESPECTO DE VELOCIDAD Y DIRECCION EN PORCENTAJE.

ESTACION 4.

Dirección Rango de Vel. Km/h. -	grados	345	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	0
		15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	360
0	- < 6	0.28	0.35	0.41	0.64	0.36	0.42	0.52	0.57	0.45	0.47	0.26	0.45	5.18
6	- < 12	1.34	1.72	2.47	1.91	0.70	0.54	0.81	1.54	2.49	1.57	0.81	1.28	17.19
12	- < 20	1.12	1.99	3.36	1.89	0.70	1.05	1.09	1.64	4.19	3.08	2.12	2.02	24.27
20	- < 30	1.81	1.30	2.98	1.34	0.38	1.43	1.40	2.65	7.95	7.31	3.73	4.03	37.30
30	- < 40	1.35	0.35	0.17	0.04	0.01	0.23	0.90	1.53	3.30	1.99	1.28	1.35	12.53
	≥ 40	0.16	0.09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.17	0.52	1.14	0.92	0.17	0.36	3.54
	≥ 0	6.07	5.79	9.40	5.82	2.15	3.67	4.90	8.45	19.51	15.34	9.39	9.50	100.00

C U A D R O III (Continuación)

DISTRIBUCION CONJUNTA RESPECTO DE VELOCIDAD Y DIRECCION EN PORCENTAJE.

ESTACION 5.

Dirección Rango de Vel. Km/h. -	345	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	0
	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	360
0 - < 6	0.22	0.22	0.61	0.45	0.26	0.39	0.37	0.24	0.69	0.37	0.26	0.30	4.27
6 - < 12	0.96	1.63	2.44	1.16	0.43	0.57	0.81	0.57	1.02	0.91	0.39	0.85	11.75
12 - < 20	1.61	2.11	2.50	2.89	0.55	1.18	1.48	1.63	2.84	4.00	3.19	3.70	27.68
20 - < 30	3.03	0.71	2.30	1.52	0.93	1.36	1.63	2.66	7.30	7.40	3.92	5.77	38.53
30 - < 40	1.69	0.02	0.04	0.00	0.39	0.91	0.39	1.81	3.84	1.71	1.00	1.38	13.19
> 40	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.65	2.32	0.79	0.26	0.18	4.57
> 0	7.78	4.69	7.90	6.02	2.56	4.43	4.69	7.56	18.02	15.18	9.02	12.17	100.00

C U A D R O III (Continuación)

DISTRIBUCION CONJUNTA RESPECTO DE VELOCIDAD Y DIRECCION EN PORCENTAJE.

ESTACION 6.

Dirección Rango de Vel. Km/h. -	345	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	0
	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	360
0 - < 6	0.18	0.12	0.15	0.08	0.18	0.17	0.18	0.14	0.08	0.12	0.12	0.11	1.64
6 - < 12	0.80	0.80	0.63	1.04	0.86	0.60	1.00	0.51	1.15	0.75	0.78	0.92	9.84
12 - < 20	2.13	1.78	1.01	2.24	1.29	1.01	1.29	1.63	3.09	4.01	3.94	3.15	26.88
20 - < 30	4.34	1.80	1.57	1.84	0.92	1.52	1.83	3.16	7.14	6.00	4.70	7.71	42.52
30 - < 40	2.67	0.69	0.03	0.08	0.12	1.06	0.71	1.44	2.72	1.53	0.75	2.39	14.20
> 40	0.83	0.29	0.00	0.00	0.00	0.32	0.23	0.34	1.27	0.64	0.40	0.60	4.93
> 0	10.96	5.48	3.39	5.28	3.38	4.68	5.23	7.21	15.44	13.06	10.70	15.18	100.00

C U A D R O IV

DISTRIBUCION CONJUNTA DE FRECUENCIAS DE DIRECCION Y VELOCIDAD EN PORCENTAJE

PRIMAVERA.

Dirección Ran- go de Vel. Km/h. -		<u>345</u>	<u>15</u>	<u>45</u>	<u>75</u>	<u>105</u>	<u>135</u>	<u>165</u>	<u>195</u>	<u>225</u>	<u>255</u>	<u>285</u>	<u>315</u>	<u>0</u>
		15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	360
0	- < 6	0.28	0.98	1.08	1.73	0.84	0.47	0.23	0.37	1.17	0.70	0.47	0.28	8.61
6	- < 12	0.98	1.64	2.34	3.18	1.26	0.61	0.98	0.89	1.17	1.54	1.08	0.94	16.62
12	- < 20	1.36	1.83	3.37	2.34	0.70	0.94	1.17	2.11	2.53	3.00	2.39	1.59	23.31
20	- < 30	3.79	1.69	1.97	1.31	0.09	1.17	0.84	1.31	7.49	8.43	2.86	4.49	35.44
30	- < 40	1.92	1.03	0.00	0.00	0.00	0.05	0.14	0.23	3.70	3.56	1.37	0.80	11.80
	> 40	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.36	2.72	0.00	0.00	4.21
	> 0	8.47	7.16	8.75	8.57	2.90	3.23	3.37	4.92	17.42	19.94	7.16	8.10	100.00

CUADRO IV (Continuación)

DISTRIBUCION CONJUNTA DE FRECUENCIAS DE DIRECCION Y VELOCIDAD EN PORCENTAJE.

VERANO.

Ran- go de Vel.Km/h. -	Dirección grados	345	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	0
		15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	360
0 - < 6		0.37	0.42	1.21	1.26	0.74	0.28	0.47	0.19	0.37	0.37	0.09	0.23	6.00
6 - < 12		0.74	9.35	4.19	3.35	1.30	0.93	0.98	2.33	1.16	2.00	0.79	0.42	19.54
12 - < 20		1.21	1.35	4.79	3.91	0.88	1.26	1.26	1.72	4.14	1.91	2.09	1.12	25.64
20 - < 30		1.58	1.54	4.42	2.51	0.74	2.09	0.14	2.23	5.77	7.82	2.42	1.81	35.09
30 - < 40		0.84	0.93	0.47	0.33	0.00	0.23	0.47	0.84	3.07	2.93	0.56	0.84	11.49
≥ 40		0.09	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	1.07	0.51	0.05	0.00	2.23
≥ 0		4.84	5.96	15.08	11.35	3.68	4.79	5.30	7.45	15.59	15.54	6.00	4.42	100.00

C U A D R O IV (Continuación)

DISTRIBUCION CONJUNTA DE FRECUENCIAS DE DIRECCION Y VELOCIDAD EN PORCENTAJE

OTOÑO.

Rango de Vel. Km/h. -	Dirección grados	<u>345</u>	<u>15</u>	<u>45</u>	<u>75</u>	<u>105</u>	<u>135</u>	<u>165</u>	<u>195</u>	<u>225</u>	<u>255</u>	<u>285</u>	<u>315</u>	<u>0</u>
		15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	360
0	- < 6	0.19	1.04	1.14	1.71	0.95	0.52	0.38	0.81	0.66	0.95	0.57	0.43	9.35
6	- < 12	0.95	2.09	2.09	3.13	1.33	0.71	0.76	0.81	1.90	4.75	0.37	1.38	22.27
12	- < 20	2.18	1.71	1.85	1.52	0.71	1.00	0.81	1.04	2.61	3.75	4.32	5.18	26.69
20	- < 30	5.32	2.28	0.95	1.09	0.95	0.38	0.52	1.76	3.94	5.08	4.27	7.83	34.38
30	- < 40	1.85	0.85	0.09	0.19	0.05	0.05	0.00	0.19	1.38	1.04	0.62	0.43	6.74
	≥ 40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.09	0.28	0.00	0.57
	≥ 0	10.49	7.98	6.13	7.64	3.99	2.66	2.47	4.61	10.68	15.67	12.44	15.24	100.00

C U A D R O IV (Continuación)

DISTRIBUCION CONJUNTA DE FRECUENCIAS DE DIRECCION Y VELOCIDAD EN PORCENTAJE

INVIERNO.

Dirección grados	<u>345</u>	<u>15</u>	<u>45</u>	<u>75</u>	<u>105</u>	<u>135</u>	<u>165</u>	<u>195</u>	<u>225</u>	<u>255</u>	<u>285</u>	<u>315</u>	<u>0</u>
Rango de Vel km/h. -													
0 - < 6	1.42	0.95	0.90	0.53	0.37	0.21	0.63	1.11	1.63	1.42	1.21	1.26	11.64
6 - < 12	1.00	1.74	0.74	0.53	0.37	0.16	1.00	1.58	2.11	4.05	2.58	1.21	17.06
12 - < 20	2.32	1.32	0.16	0.11	0.00	0.16	0.26	2.26	3.95	4.11	5.11	3.84	23.59
20 - < 30	4.53	0.58	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	5.32	8.95	9.00	6.85	36.07
30 - < 40	1.37	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	2.74	2.21	0.90	1.05	9.00
≥ 40	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.84	0.95	0.00	0.05	2.63
≥ 0	10.90	4.63	1.95	1.16	0.74	0.53	1.90	6.85	16.59	21.70	18.80	14.27	100.00

4.- DURACION Y FRECUENCIA DE "CALMAS".-

Un dato de interés para el problema de la contaminación es la frecuencia y la duración de los períodos de calma.

El Cuadro V presenta para la estación N° 3 el número de casos en que las "calmas" definidas a partir de cierto umbral superior de viento, se han presentado con duraciones determinadas.

C U A D R O V

	Umbral de viento en Km/h no superado en el período.	Duración en horas				
		2 a 3	4 a 6	7 a 12	13 a 24	24
PRIMAVERA	15	47	28	14	14	1
	10	35	20	9	4	0
	7	27	13	3	1	0
VERANO	15	50	32	22	14	1
	10	39	26	12	3	0
	7	28	16	1	0	0
OTOÑO	15	42	29	16	14	7
	10	42	29	16	5	0
	7	36	17	8	0	0
INVIERNO	15	30	20	17	12	2
	10	30	20	11	2	0
	7	25	16	2	0	0
ANUAL	15	164	108	70	54	11
	10	146	95	48	14	0
	7	116	62	14	1	0

Para la interpretación del Cuadro V debe tenerse presente que aquellos casos en que la "calma" se define con $V < 10$ Km/h están también contabilizados en el caso $V < 15$ Km/h y los que se definen a partir de $V < 7$ Km/h están incluidos en los otros dos. No así la duración de las mismas en que por ejemplo el número de casos listados en la duración 2 a 3 horas no incluye a los casos en que la duración fue mayor.

Se aprecia que la frecuencia de calmas pronunciadas ($V < 7$ Km/h) y prolongadas se dan principalmente en invierno y otoño.

La duración de las calmas rara vez supera las 24 hs. y si el límite se ubica en 10 ó 7 Km/h, no se registró ningún caso en todo el año con duración mayor de un día.

Este es un resultado interesante por cuanto muestra que las calmas/ que se presentan están más bien asociadas al ciclo diurno y rara vez a situaciones sinópticas que por sus características mantengan/ períodos prolongados de vientos débiles. Por otra parte, desde el punto de vista de la contaminación atmosférica local, es favorable/ que la duración de las "calmas" no sea muy grande, haciendo poco posible episodios de muy severa contaminación.

5.- DISTRIBUCION Y FRECUENCIA DE VELOCIDADES.

Una distribución por velocidades más detallada que la marginal mostrada en la Sección 3 fue calculada pensando en probables aplicaciones a energía eólica.

Las Figs. 4a y 4b muestran la distribución anual de vientos por frecuencias para las estaciones Nros. 3 y 6 respectivamente. Curiosamente el rango de viento más frecuente es más bajo en la estación N°6 que en la N°3. Hay sin embargo, diferencias notorias en la forma de los histogramas, los cuales presentan asimetrías opuestas. Después de los 50 Km/hora las diferencias entre las dos estaciones son mínimas.

Las Figs. 5a, 6a, 7a y 8a; y 5b, 6b, 7b y 8b presentan los histogramas para las mismas estaciones pero para los cuatro períodos del año. En la primavera e invierno el cuadro es más o menos el mismo que el anual. No así en el otoño y verano, en este último el viento más frecuente de la estación N° 6 está corrido hacia velocidades mayores respecto del de la estación N°3 y el histograma presenta una forma semejante al de esta estación.

El hecho de que en un lugar expuesto (estación N°6) los vientos más frecuentes se ubiquen en el rango de 16 a 19 Km/hora y que sólo el 25% del tiempo las velocidades sean inferiores a 16 Km/hora puede ser de interés para el aprovechamiento eólico.

6.- USO DE LAS ESTADISTICAS EN MODELOS DE DIFUSION.

Se han aplicado valores de la distribución conjunta de dirección y velocidad a modelos climáticos de difusión.-

6.1. MODELO DEL AREA FUENTE.

En primer lugar se ha considerado un modelo de difusión desde áreas fuentes de Gifford y Hanna (1970). Estos autores suponen que el problema de la polución urbana puede ser simplificado aislando las fuentes puntuales de las áreas de emisión generalizada.

Con la ecuación de difusión

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -u \frac{\partial c}{\partial x} - w \frac{\partial c}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial c}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(K_h \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_h \frac{\partial c}{\partial y} \right) + Q(x,z) \quad (1)$$

Donde:

c : concentración de una determinada sustancia, $\left(\frac{\text{masa}}{\text{Volumen}} \right)$.

u : velocidad del viento.

x : dirección del viento.

z : coordenada vertical.

K_z : coeficiente de difusión vertical.

K_h : coeficiente de difusión horizontal.

y : coordenada horizontal normal a x .

Q : intensidad de las fuentes de emisión por unidad de volu-

men $\left(\frac{\text{masa}}{\text{tiempo volumen}} \right)$

Se hacen las siguientes hipótesis:

1°) Condiciones estacionarias $\frac{\partial c}{\partial t} = 0$ lo cual es razona-

ble cuando se aplica a condiciones meteorológicas promedia-
das en una hora (puede ser un lapso apropiado para conside-
rar condiciones estacionarias).

2°) $\frac{\partial}{\partial x} \left(K_h \frac{\partial c}{\partial x} \right) \ll u \frac{\partial c}{\partial x}$, válido en general para valores /

de viento no muy pequeños.

3°) $\frac{\partial}{\partial y} \left(K_h \frac{\partial c}{\partial y} \right)$: despreciable. Esta hipótesis (narrow plume

hypothesis) que Gifford-Hanna justifican en función de da-
tos experimentales es muy razonable cuando se aplica a á-
reas fuentes. Básicamente significa que la pluma no se di-
funde horizontalmente, sólo lo hace en la vertical.

4°) $w \frac{\partial c}{\partial z} < \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial c}{\partial z}$ que puede ser cierto en los

casos en que $w \approx 0$.-

No se aplica obviamente a plumas calientes.

De acuerdo a estas hipótesis la ecuación 1. se reduce a:

$$u \frac{\partial c}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial c}{\partial z} \right) + Q$$

Si se suponen las usuales leyes de potencia para u y K :

$$u(z) = u_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^m$$

$$K(z) = K_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^n$$

La solución "parcial" hallada por Gifford, 1970, es:

$$C_o = \frac{z_1^m}{C_1 u_B (1-S)} \left(\frac{\Delta x}{2} \right)^{1-S} \left\{ Q_o + \sum_{i=1}^N \left[Q_i (2_{i+1})^{1-S} - (2_{i-1})^{1-S} \right] \right\} \quad (2)$$

Donde: C_o es la concentración en el nivel de superficie.

$$S = \frac{m + 1}{2 + m - n}$$

y la distancia x del punto receptor al borde, viento arriba, del área considerada es

$$x = \left(N + \frac{1}{2} \right) \Delta x$$

N es el número de retículos ubicados viento arriba.

Δx el tamaño del reticulado.

El parámetro B depende de la distribución vertical de la concentración.

La constante $C_1 = 3 a^{\frac{1}{m+1}}$ donde a su vez está definido por la usual ley potencial para la desviación estandar de la distribución vertical de la concentración $\sigma_z = a x^b$.

La ecuación 2, se simplifica en el caso en que $u = cte$, pues $m = 0$ y la ecuación resultante para el promedio climatológico es:

$$C_o = \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^k \left(\frac{2}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{f(k,j,1)}{A_1 (1-b_1) u(j,1)} \left(\frac{\Delta x}{2} \right)^{1-b_1} \left\{ Q_o + \sum_{i=1}^N \left[Q_i \left[(2_{i+1})^{1-b_1} - (2_{i-1})^{1-b_1} \right] \right] \right\}$$

Aquí $f(k,j,l)$ es la frecuencia de distribución conjunta de viento y estabilidad en donde el subíndice K se refiere a las direcciones j a los distintos rangos de velocidad y l a los de estabilidad.

Los valores de a y b están tomados de Smith siguiendo los lineamientos de Gifford y Hanna y se muestran en el Cuadro VI.

C U A D R O VI

Condiciones meteorológicas (estratificación vertical)	a	b
Muy inestable	0.40	0.41
Inestable	0.33	0.86
Neutral	0.22	0.80
Pasquill "D"	0.15	0.75
Estable	0.06	0.71

Los resultados de este modelo fueron comparados por Hanna, 1970 y Gifford-Hanna, 1970, con los modelos de mayor sofisticación, hallándolos comparables a pesar de su relativa simplicidad. Aquí // fue utilizada la fórmula 2, e integrada con la ayuda de computadora electrónica para un área de 15 Km^2 , con centro en la posición/ de la planta de aluminio. Como los datos de un año no son suficientes para definir la función de distribución conjunta de dirección y velocidad de viento y estabilidad se ha supuesto por el momento una distribución de estabilidades "razonable" e independiente de la de dirección e intensidad.

Se ha asumido que el caso "muy estable" se presenta un 20% del tiempo, el inestable un 26%, el neutral un 40%, el "Pasquill D" un 10% y el estable un 4%.

Por supuesto la verdadera distribución no es independiente de la dirección y velocidad del viento.

Una emisión equivalente a la del Fluor total emitido por ALUAR cuando funcione a pleno (400 cubas) es supuesta en el retículo // central, Fig. 9.-

Esta Figura presenta la distribución espacial media anual del contaminante en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Se cree que a pesar de que las estabilidades "estimadas" son algo desviadas hacia valores inestables y en consecuencia el modelo subestima las concentraciones, el no considerar el empuje vertical presente en esta industria resulta en una sobrestimación de los valores quizás en un factor del 50%.

De la Figura 9 se puede apreciar lo siguiente:

1°) El área de mayor concentración sería la ubicada al este-noreste. Fue precisamente en esa zona donde se observó el primer / síntoma de daño en el Prosopis Alpataco por efecto del fluor (Ing.Scolaro, 1976).

2°) La zona central del pueblo (cerca a la plaza) tendría un valor de concentración media del orden de 10 microgramos por metro cúbico.

3°) La zona poblada más cercana a la planta tendría una concentración media anual del orden de $20\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4°) A 8 Km. de la planta las concentraciones medias oscilan según la ubicación de 2 a $5\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Este modelo no incluye las trayectorias tridimensionales producidas durante las horas de brisa de mar, caso para el cual se está elaborando un modelo especial.

El efecto de brisa tendería a disminuir las concentraciones / al este de la planta y a aumentarlas al sur de la misma.

Las Figs. 10-a, 10-b, 10-c y 10-d, muestran cuatro casos hipotéticos en los cuales se supone una fuente agregada de las mismas características pero ubicada en otro punto, que suma sus efectos a los de la fuente ya existente.

Se trata de una ejemplificación acerca de la ductilidad del modelo sobre el juzgamiento de hipótesis de radicación industrial en cuanto a su impacto ambiental.

6.2. PLUMA GAUSSIANA

Un modelo ampliamente utilizado para la estimación de la concentración de fuentes puntuales es el que supone una distribución normal ó gaussiana como solución de la ecuación de difusión.

La solución entonces es:

$$C_o = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z u} \exp \left[- \left(\frac{y^2}{2 \sigma_y^2} + \frac{h'^2}{2 \sigma_z^2} \right) \right]$$

Donde σ_y es la desviación estandar de la distribución horizontal de contaminante y h' la altura efectiva de emisión de la fuente.

El resto de los símbolos tienen el mismo significado utilizado hasta aquí.

La altura efectiva es calculada en base a la fórmula de Briggs (1970).

$$h' = H_o + \Delta h$$

$$\Delta h = 1.6 F V_s^{-1} g^{2/3} \quad \text{para } g \leq 3,5 x^*$$

$$x^* = 14 F \quad \text{si } F \leq 55$$

$$x^* = 34 F \quad \text{si } F > 55$$

$$F = g V_s R_s^2 \left[\frac{(T_s - T_a)}{T_s} \right]$$

V_s = Velocidad de salida media de los gases.

R_s = Radio interior de la chimenea

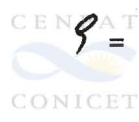


g = Aceleración de la gravedad

T_s = Temperatura media de los gases en $^{\circ}K$

T_a = Temperatura ambiente del aire en $^{\circ}K$

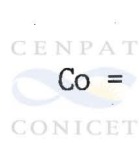
u = Velocidad del viento



φ = Distancia de la fuente al punto receptor.



Quando la ecuación 4. es utilizada para la estimación climática a partir de una dada distribución conjunta de velocidad, dirección y estabilidad es posible modificar a para este uso, Caler, 1973.



$$C_0 = \frac{12}{2 \pi} \sum_{k=1}^{12} Q_k(\varphi) \sum_{j=1}^{\infty} \frac{f(k,j,1)}{\varphi u_{j,k} \pi_z(1)} \exp$$



$$\frac{-h^2}{2 \pi^2(1) z} \quad 5.$$

Donde: $f(k,j,1)$ es la distribución conjunta, referida k a las direcciones (en nuestro caso 12) Q_k a las fuentes en el sector barrido por el ángulo correspondiente a la dirección k ; j es el subíndice que se refiere a los distintos rangos de velocidad y 1 a los de estabilidad.

La Fig. 11 muestra la concentración media de contaminante correspondiente a la misma función de distribución conjunta de dirección, velocidad y estabilidad que la del modelo de área fuente.

Los valores utilizados son los siguientes:

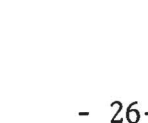
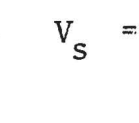
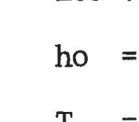
$h_0 = 20 \text{ m}$

$T_s = 303 \text{ K}$

$T_a = 288^{\circ}K$

$R_s = 15 \text{ m}$

$V_s = 1,9 \text{ m/s}$



$$Q = 0,7 \times 10^8 \text{ m/seg. m}^2$$

Q es el mismo valor que en el caso anterior del área fuente.

La Fig. 11 permite apreciar que la consideración de emisión desde una chimenea con cierto empuje ($T_s > T_a$) puede modificar esencialmente el cuadro, particularmente en la zona más cercana.

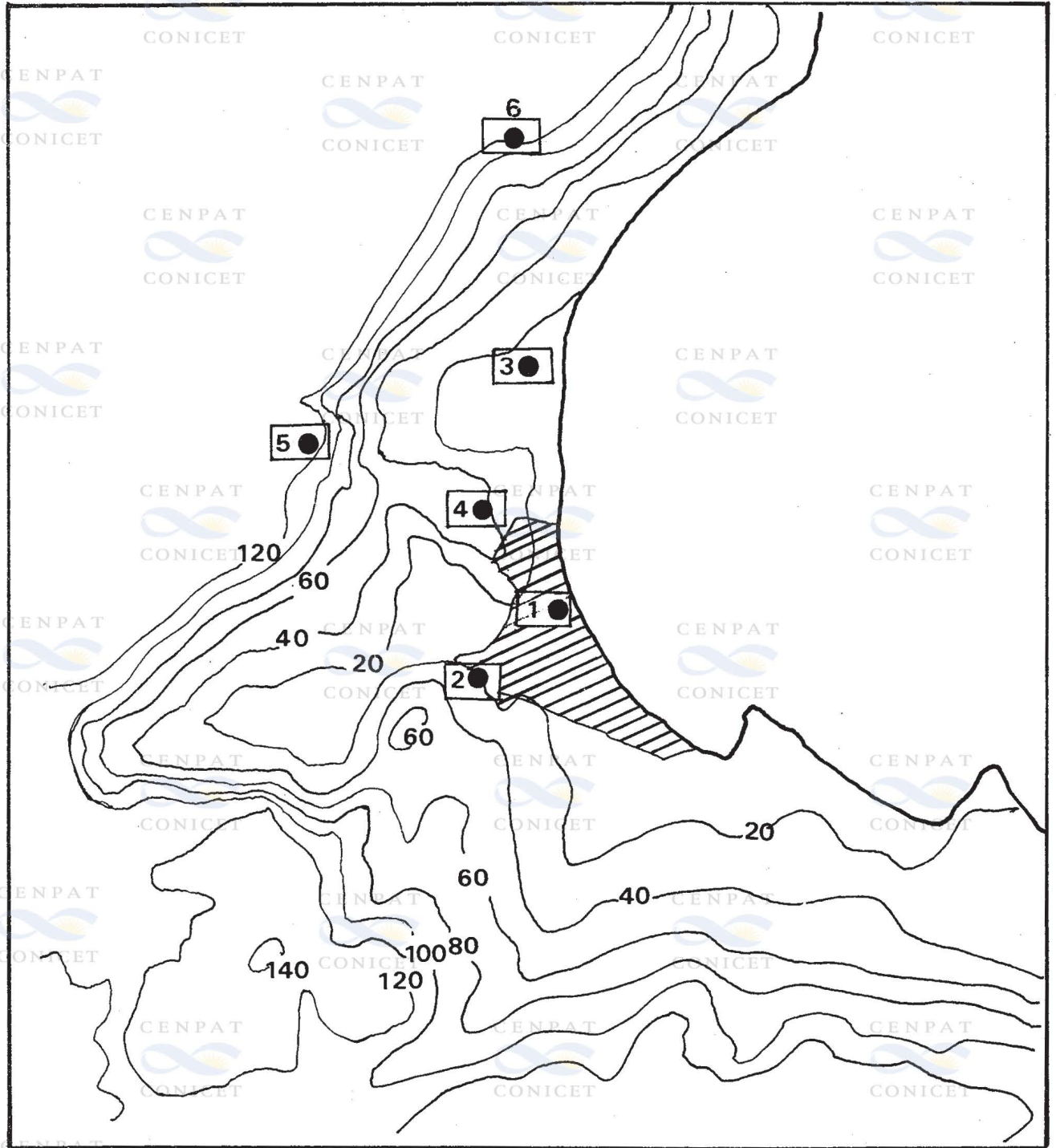
De cualquier forma este caso no representa por sus dimensiones ($R = 15 \text{ m}$) la emisión desde la planta de ALUAR que además no puede ser modelada como saliendo de una chimenea circular.

Este modelo es sólo adecuado para las emisiones desde chimeneas y en él se puede variar no sólo la localización, sino T_s , R_s y V_s , como posibles variables de ajuste a un estándar determinado en un punto. Constituye junto con el caso del área fuente un elemento fundamental para la simulación de la problemática de la contaminación urbana que se está desarrollando.

7.- REFERENCIAS.-

- 1.- V.BARROS y M.RIVERO. Las calmas nocturnas durante la primavera de 1974 en Pto. Madryn. C.N.P., 1975.-
- 2.- R.STONE y J.BRADLEY. Survey of Anemometers U.S.Department of Transportation. Federal Aviation Administration, 1977.
- 3.- N.MAZZEO, J.AIELLO y D.BARRERA. Aspectos de la climatología de la difusión atmosférica en Pto.Madryn. C.N.P.1974.
- 4.- M.RIVERO y V.BARROS. Aspectos Estadísticos de la Brisa de Mar en Puerto Madryn durante el verano 1974-1975.
- 5.- F.GIFFORD y S.HANNA. Urban Air pollution Modelling N.O.A. A. Research Laboratory Atmospheric Turbulence and Diffusion Laboratory Contribution N° 37, 1970.
- 6.- F.GIFFORD. Atmospheric Diffusion in an Urban Area. 2nd. IRPA. Conference in Brighton, England, May 1970.
- 7.- S.HANNA. A simple method of calculating dispersion from urban area sources. APCA Journal. Vol. 21 N° 1, 1971.
- 8.- A.SCOLARO. Posibilidad de contaminación por fluor en Protopis Alpataco en Puerto Madryn. Informe interno. C.N.P. 1975.
- 9.- G.BRIGGS. Some Recent Analysis of Plume Rise Observations N.O.A.A. Research Laboratory. Atmospheric Turbulence and Diffusion Laboratory. Contribution N° 38, 1970.
- 10.- K.CALDER. A climatological Model for Multiple source urban air pollution; presentado al First Meeting of the NATO/CCMS. Panel on Modelling, 1973.

FIG 1



UBICACION DE LAS ESTACIONES

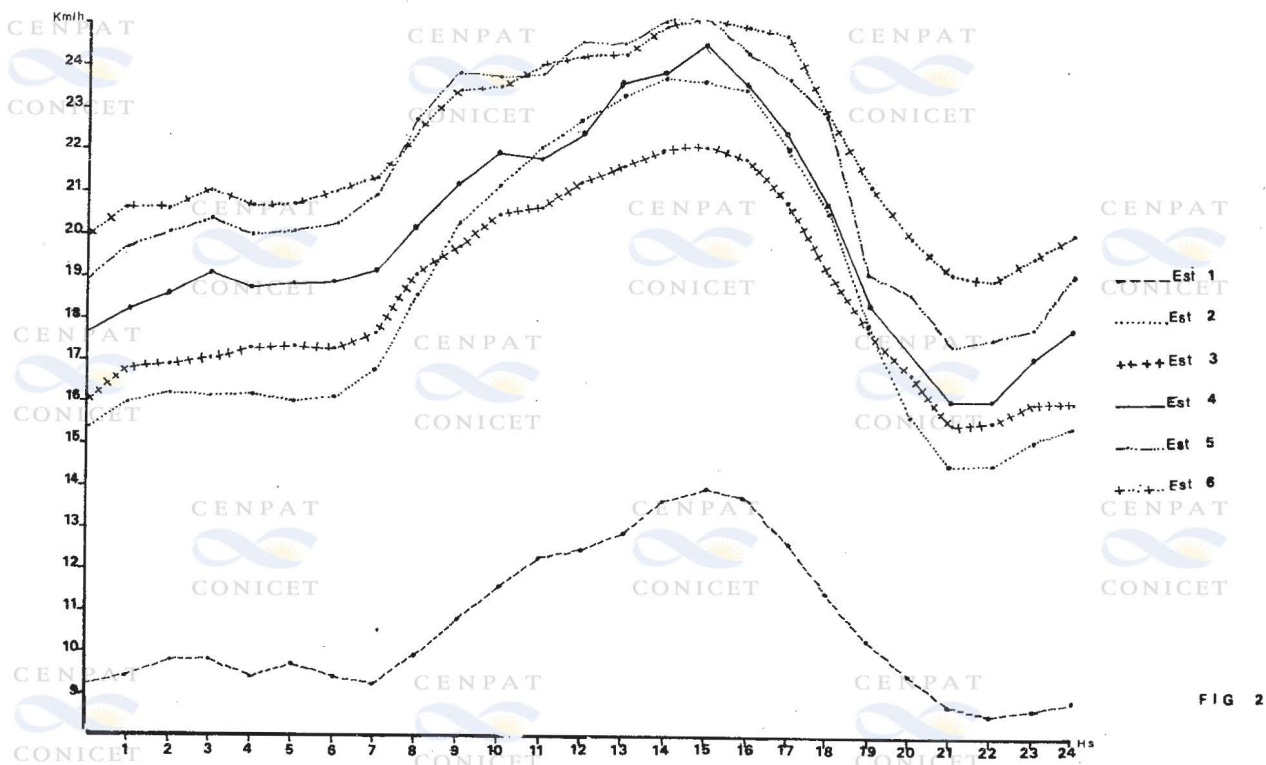


FIG 2

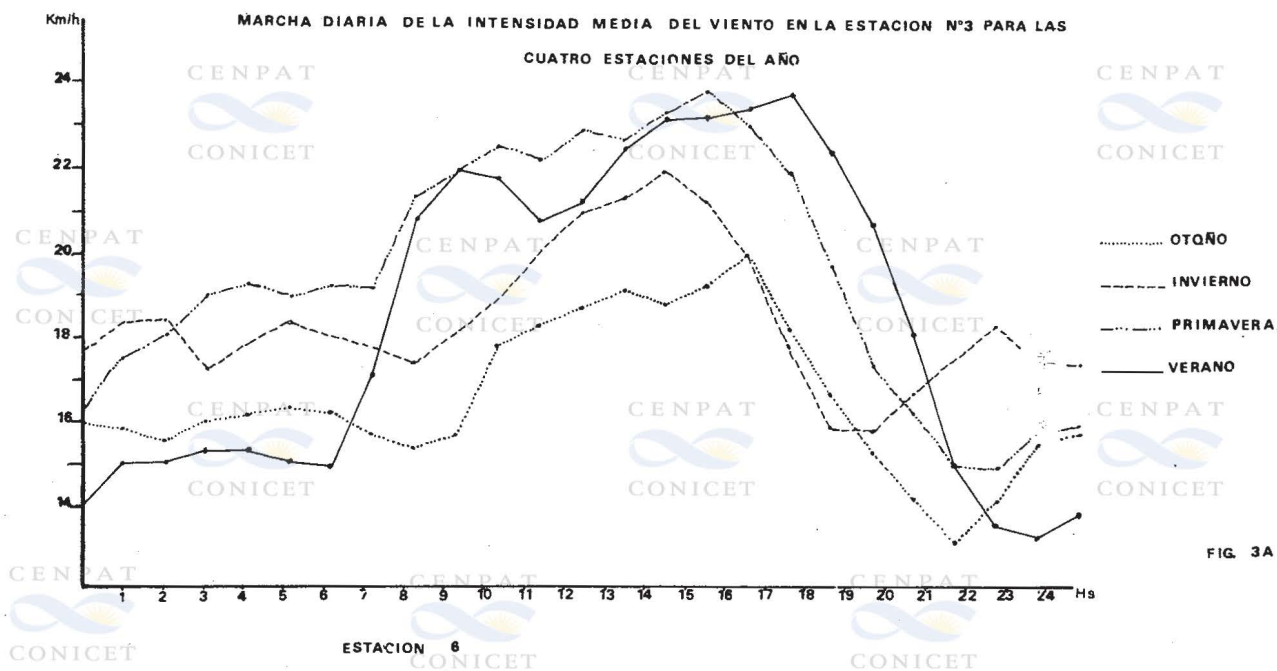


FIG 3A

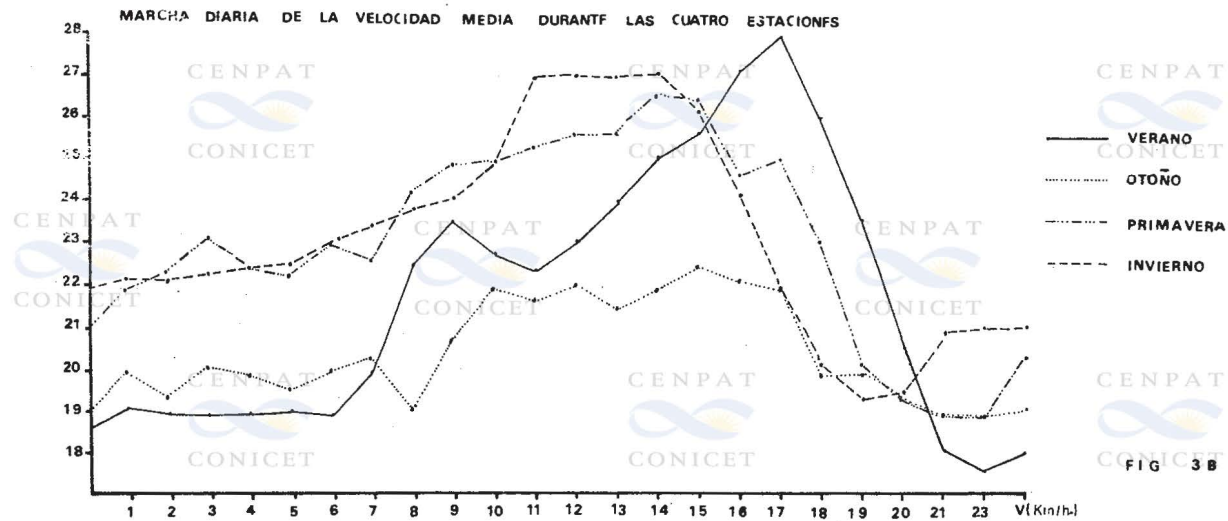


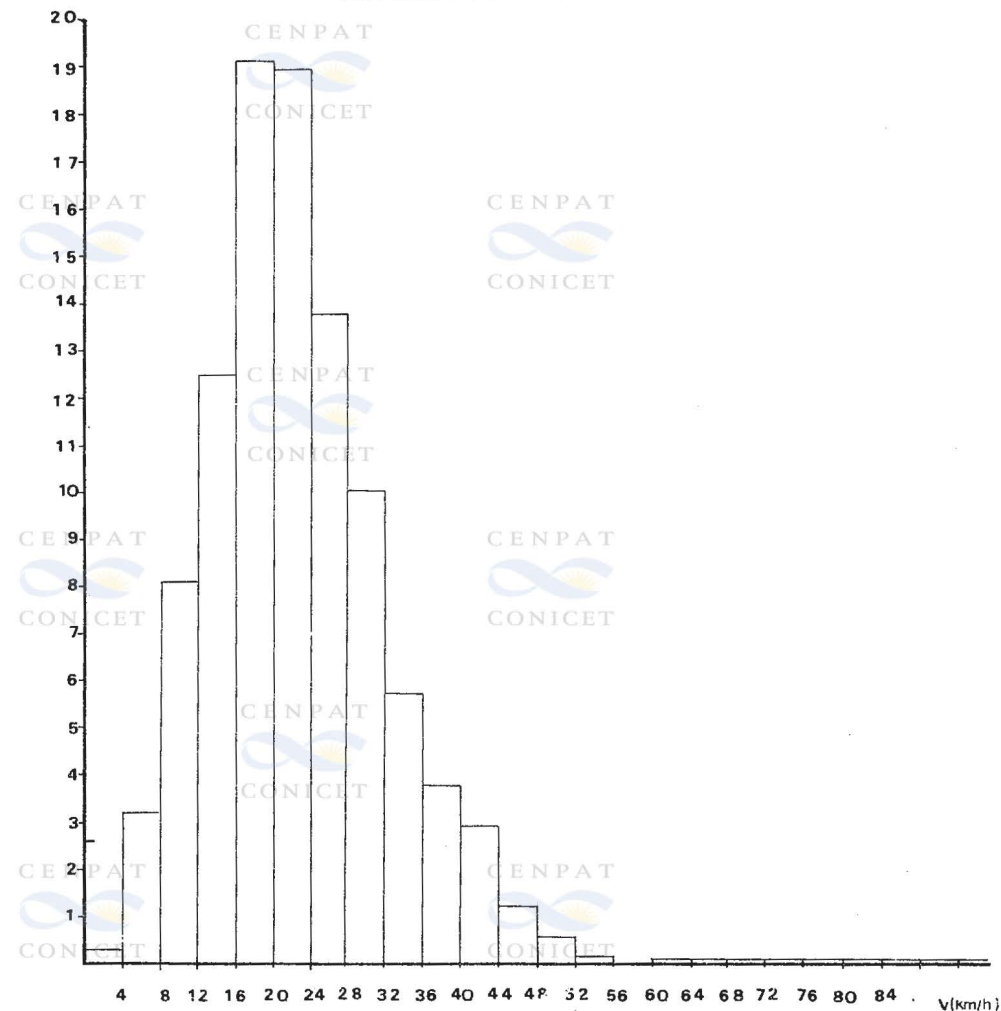
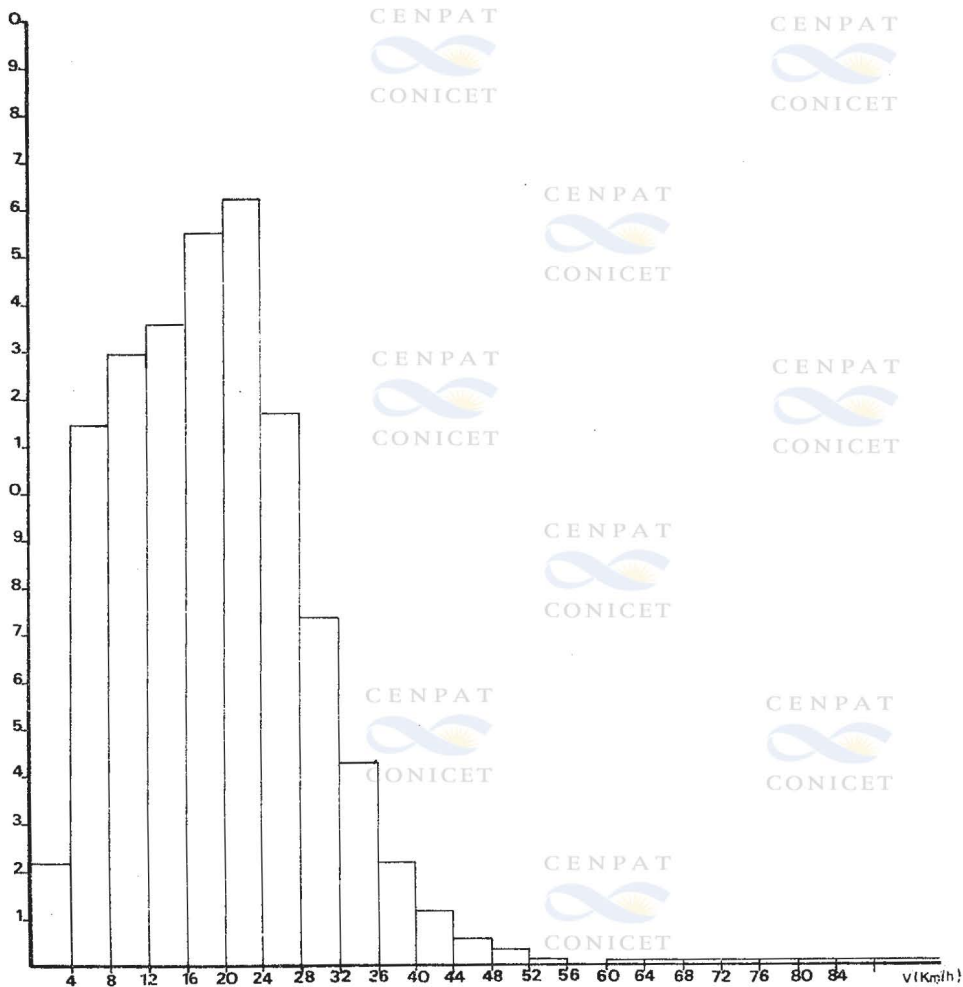
FIG 3B

FIG 4A

FIGURA 4 b

FRECUENCIA DE VELOCIDAD EN LA ESTACION N°3 DURANTE EL PERIODO SEPTIEMBRE 1974/AGOSTO 1975

FRECUENCIA DE VELOCIDAD EN LA ESTACION N° 6 DURANTE EL PERIODO SEPTIEMBRE 1974 / AGOSTO 1975



FRECUENCIA DE VELOCIDAD EN LA ESTACION N° 3 DURANTE LA PRIMAVERA 1974

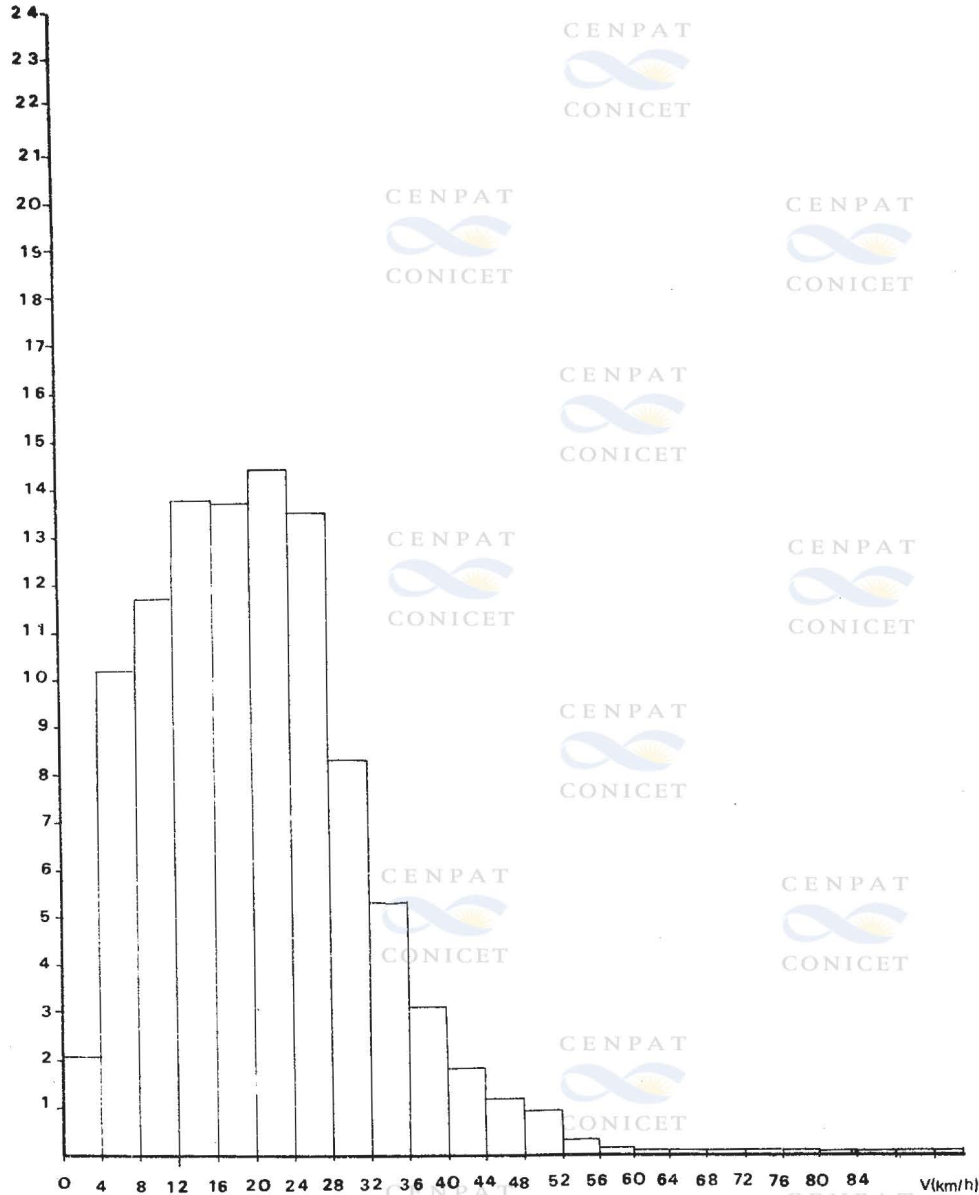


FIGURA 5 b

FRECUENCIA DE VELOCIDAD EN LA ESTACION N° 6 DURANTE LA PRIMAVERA 1974

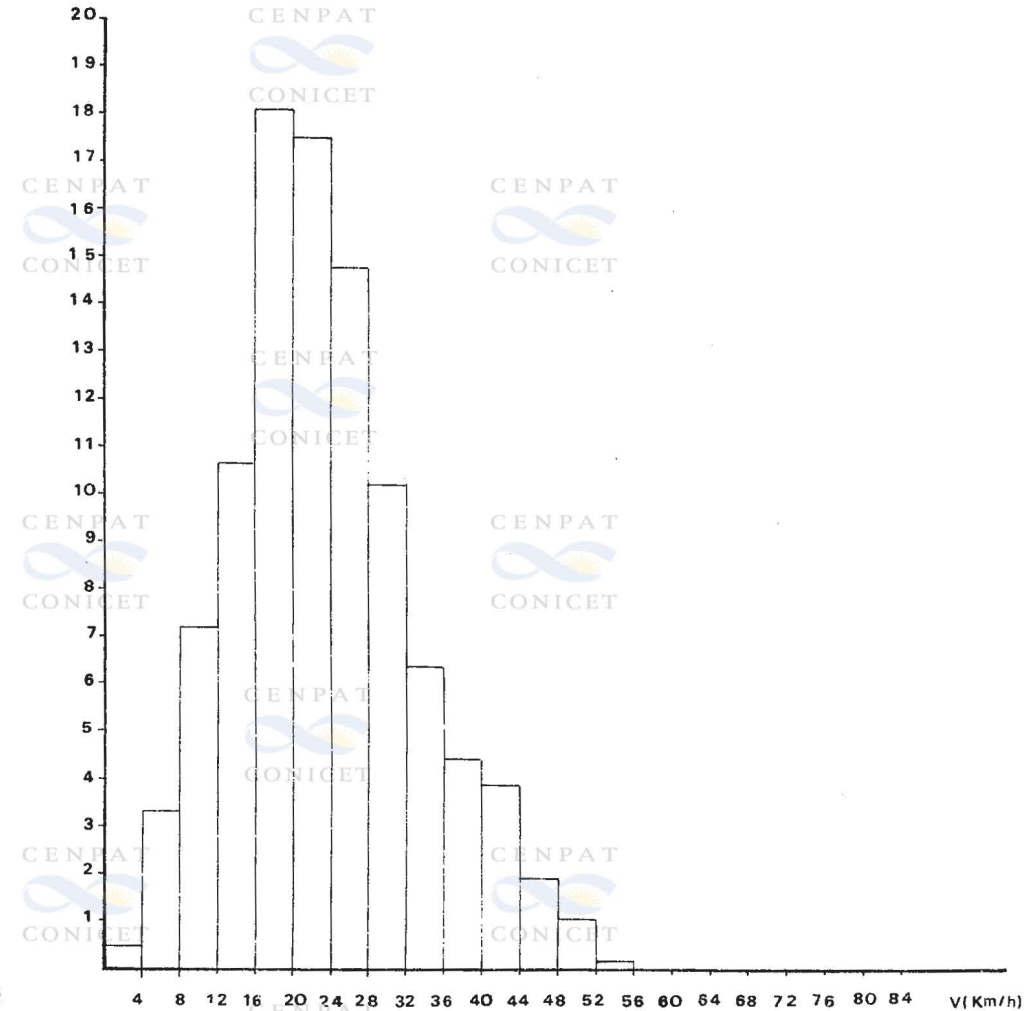
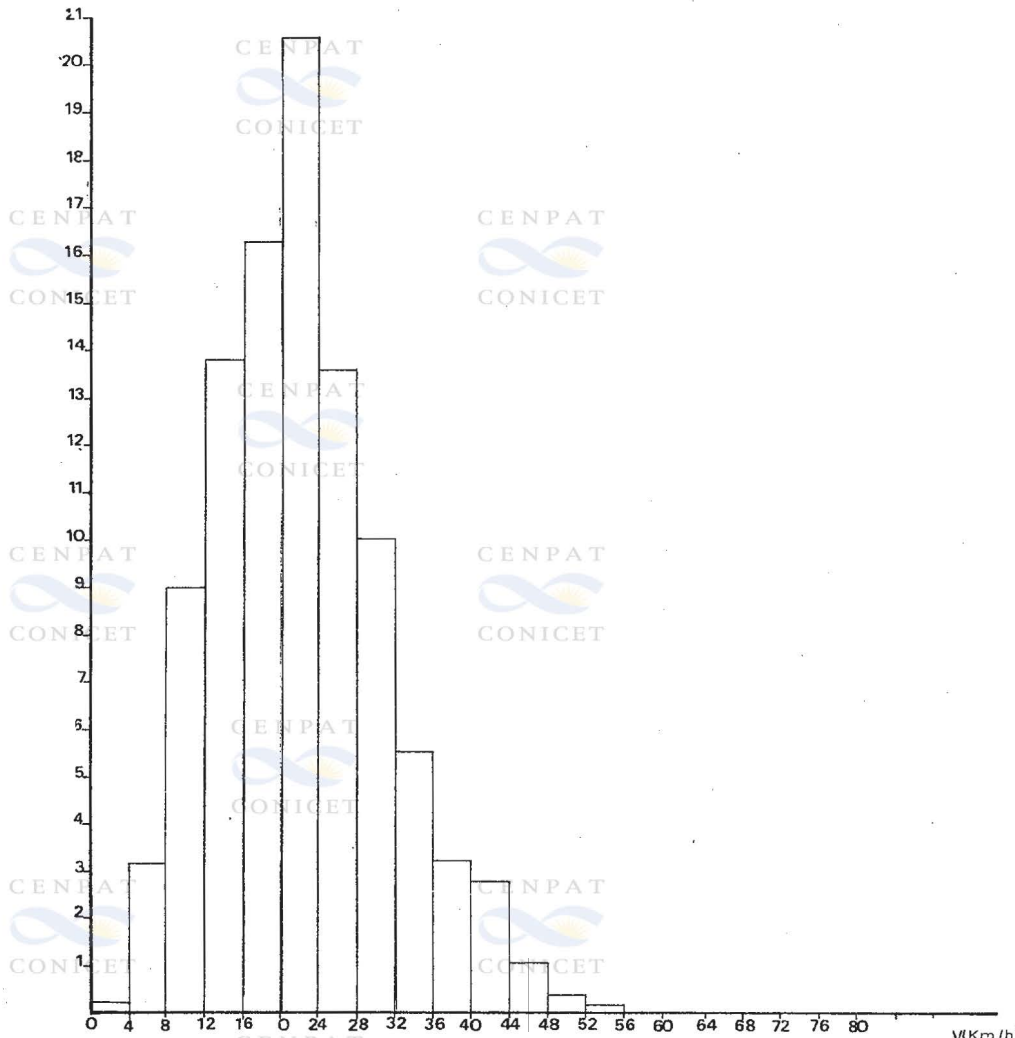
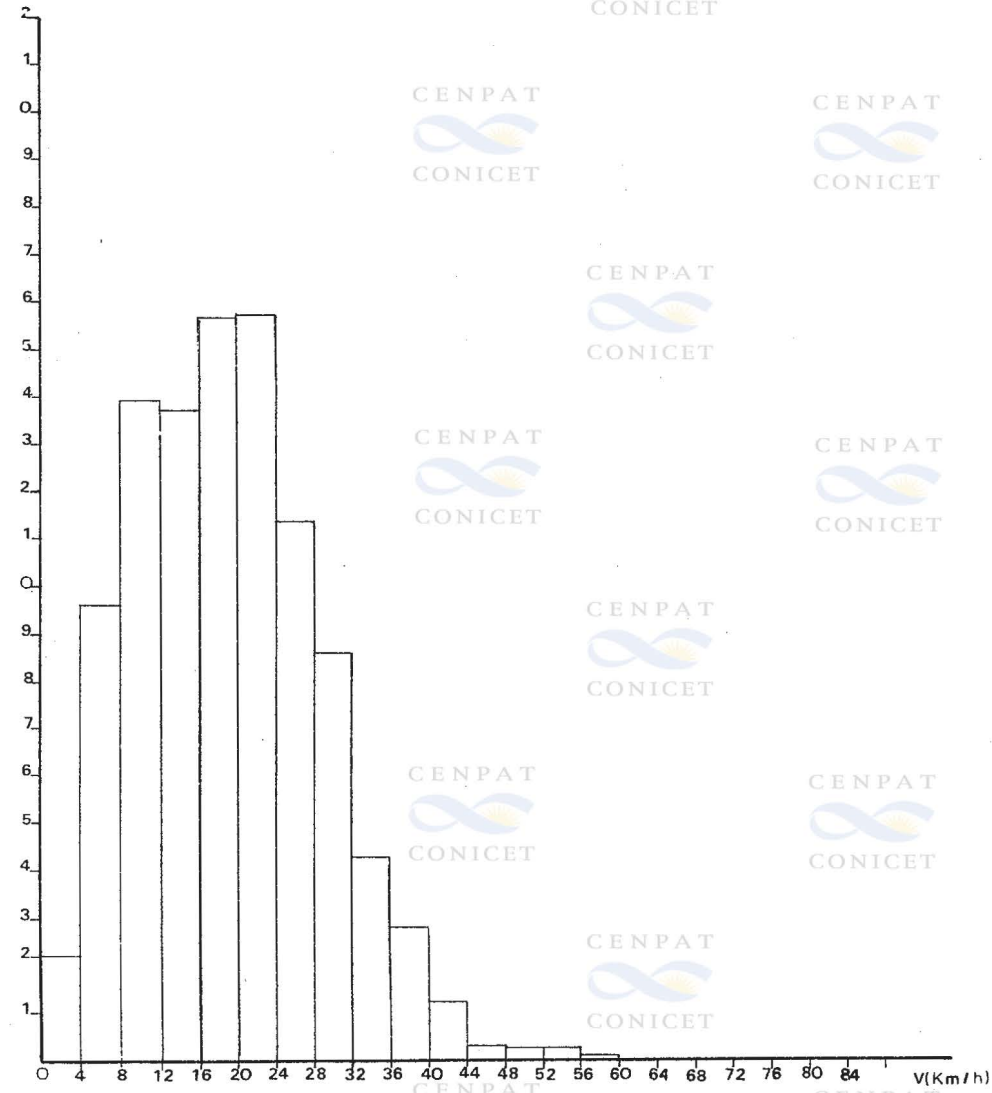
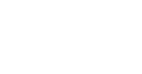




FIG. 6 b

FRECUENCIA DE VELOCIDAD EN LA ESTACION N°6 DURANTE EL AÑO 1974/75

FRECUENCIA DE VELOCIDAD EN LA ESTACION N°3 DURANTE EL VERANO 1974/75



CENPAT
CONICET
FIG. 7a

FRECUENCIA DE VELOCIDAD EN LA ESTACION N°3 DURANTE ELOTOÑO 1975

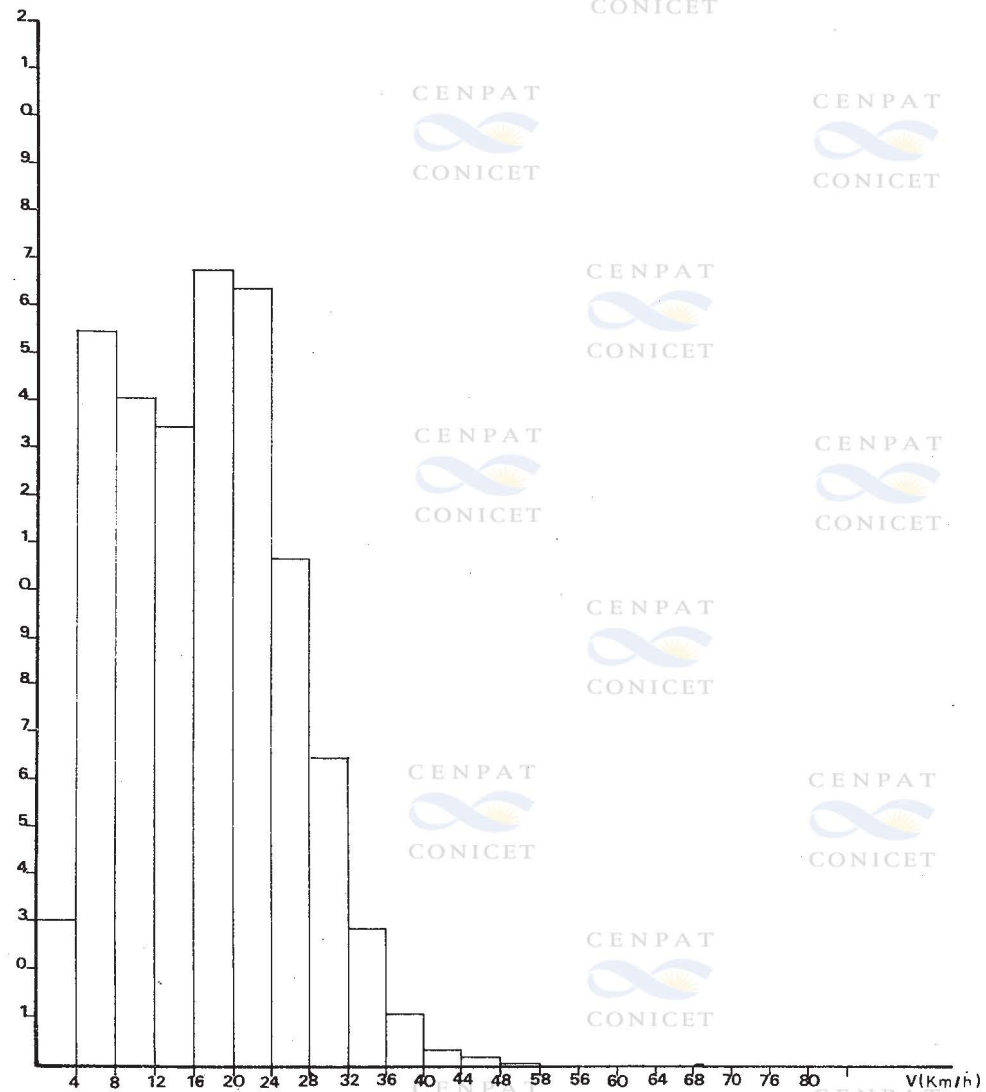
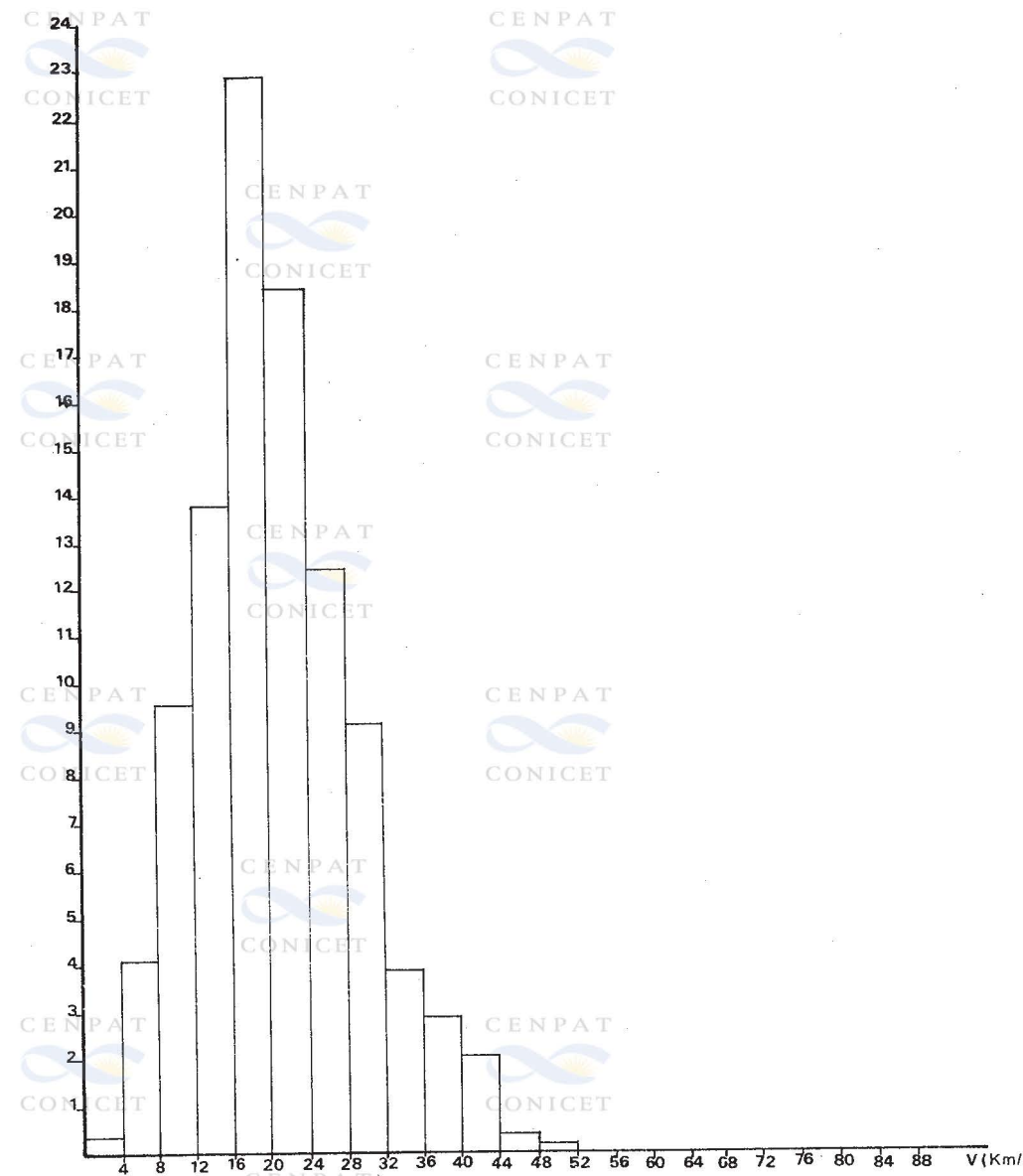


FIGURA 7b

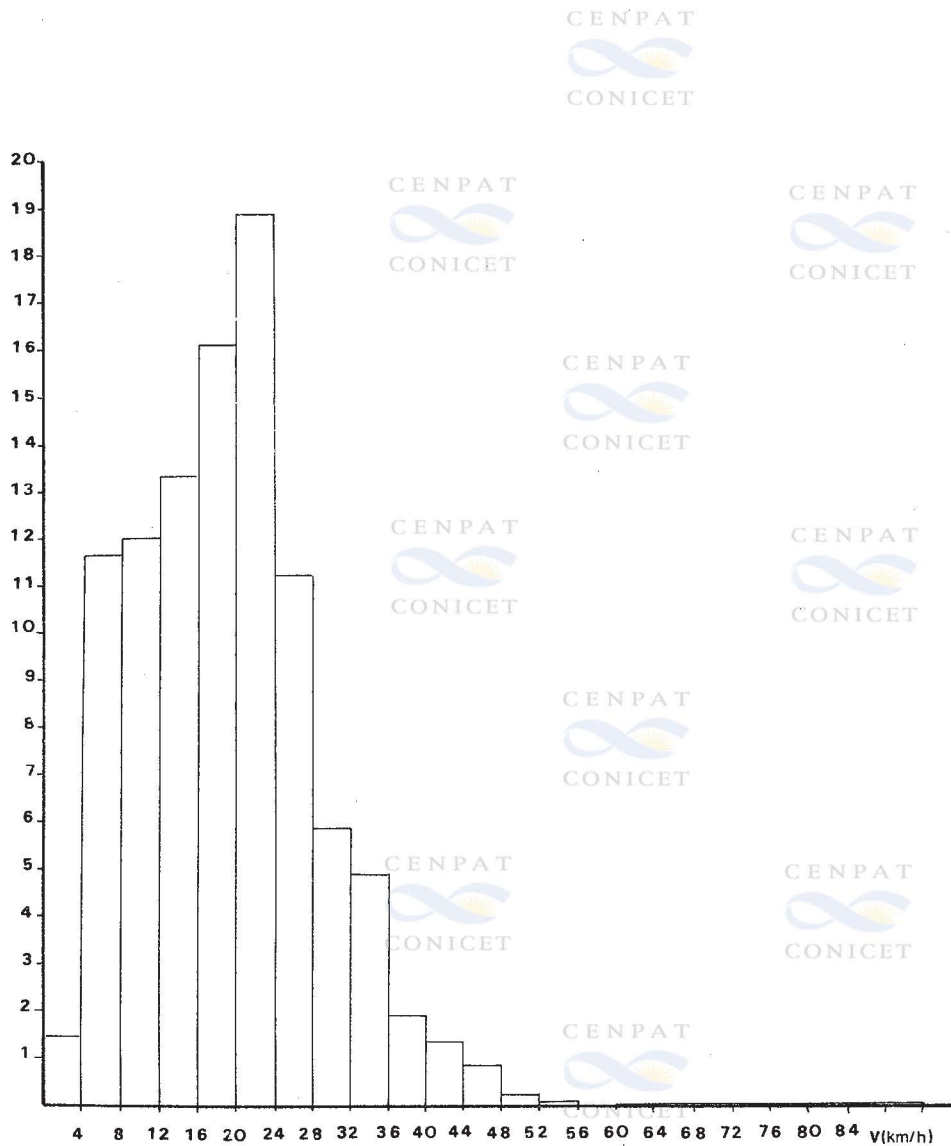
FRECUENCIA DE VELOCIDAD EN LA ESTACION N°6 DURANTE ELOTOÑO 1975



CENPAT
CONICET

FIGURA 8 a

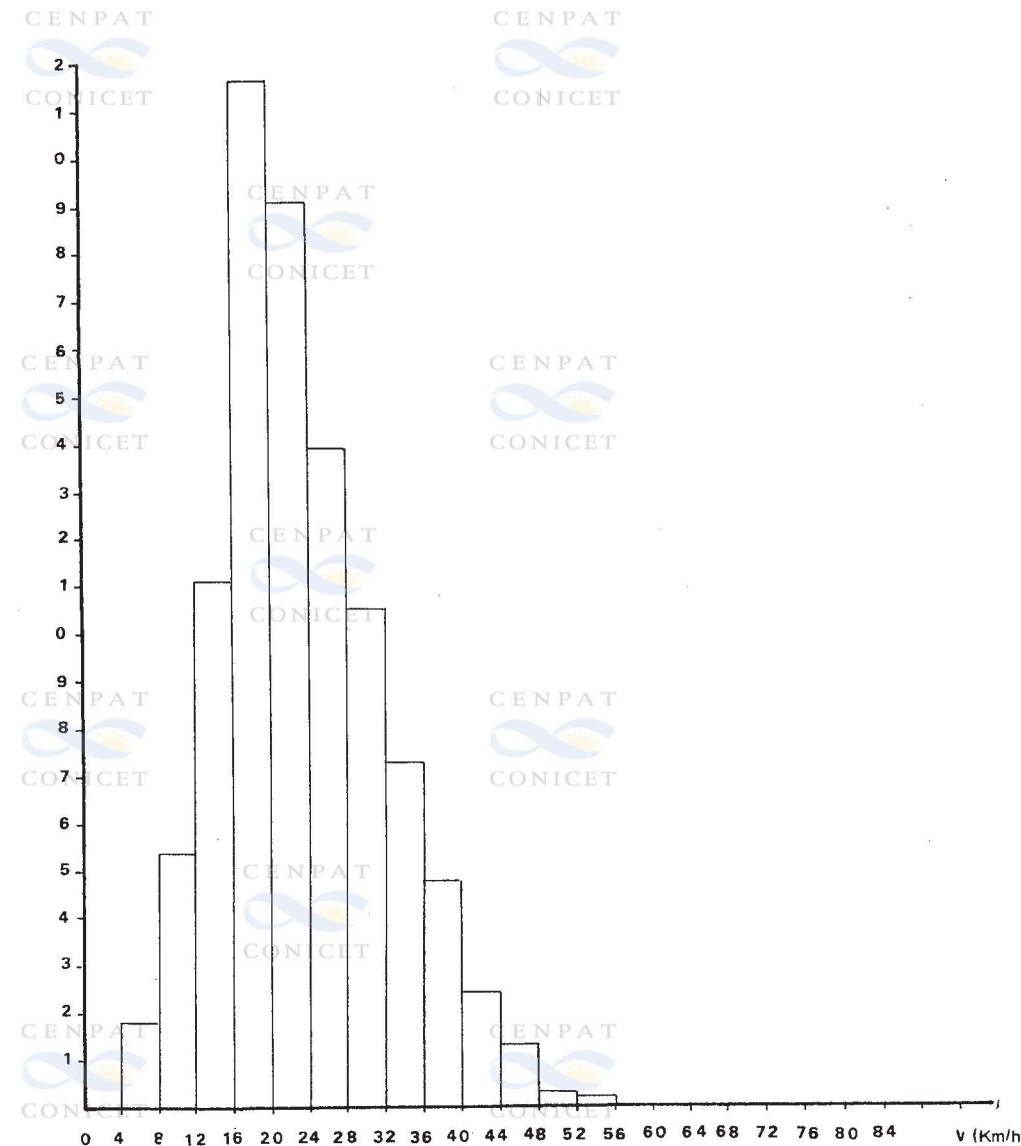
FRECUENCIA DE VELOCIDAD EN LA ESTACION N° 3 DURANTE EL INVIERNO 1975



CENPAT
CONICET

FIGURA 8 b

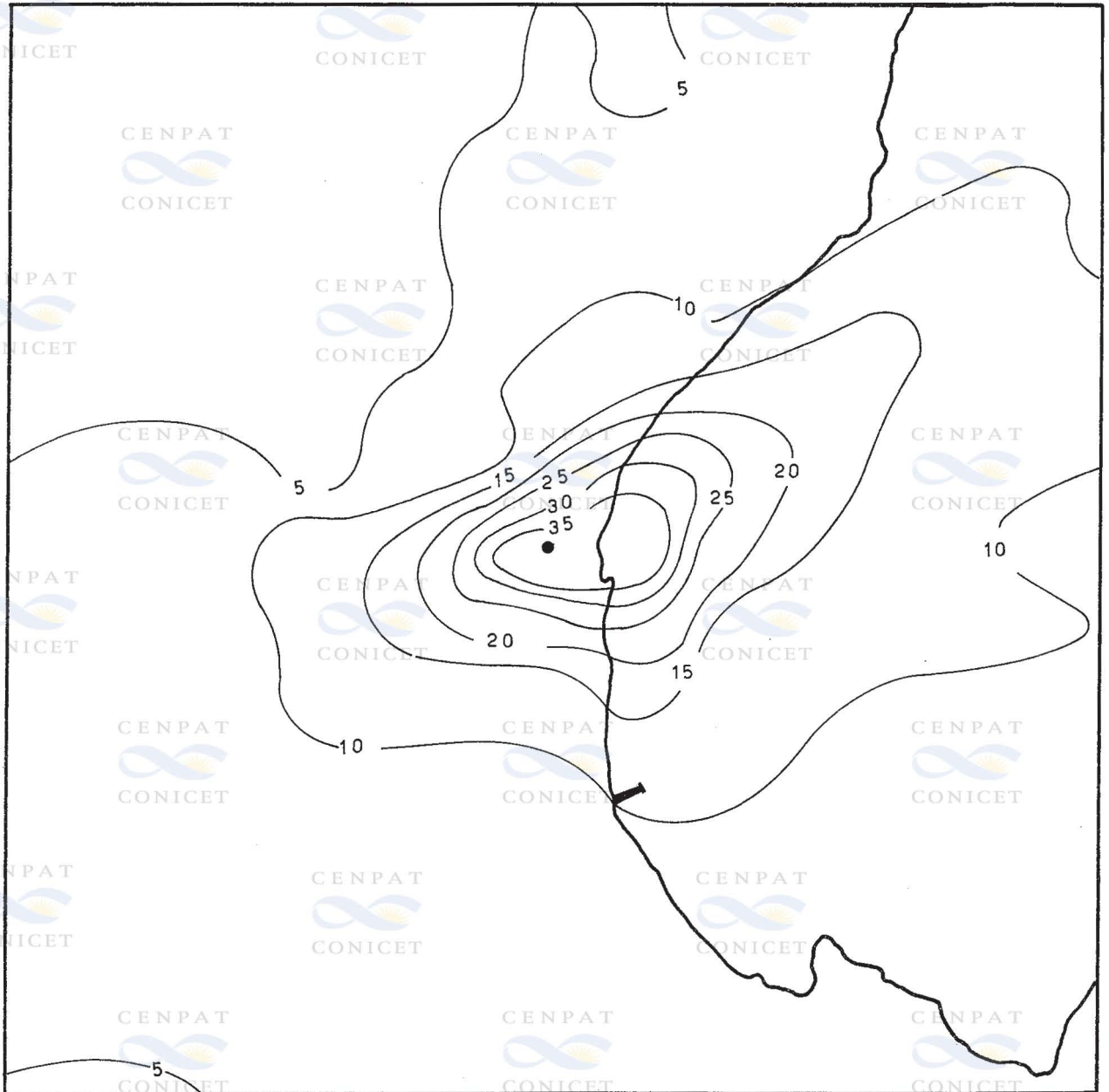
FRECUENCIA DE VELOCIDAD EN LA ESTACION N° 6 DURANTE EL INVIERNO 1975



CENPAT
CONICET

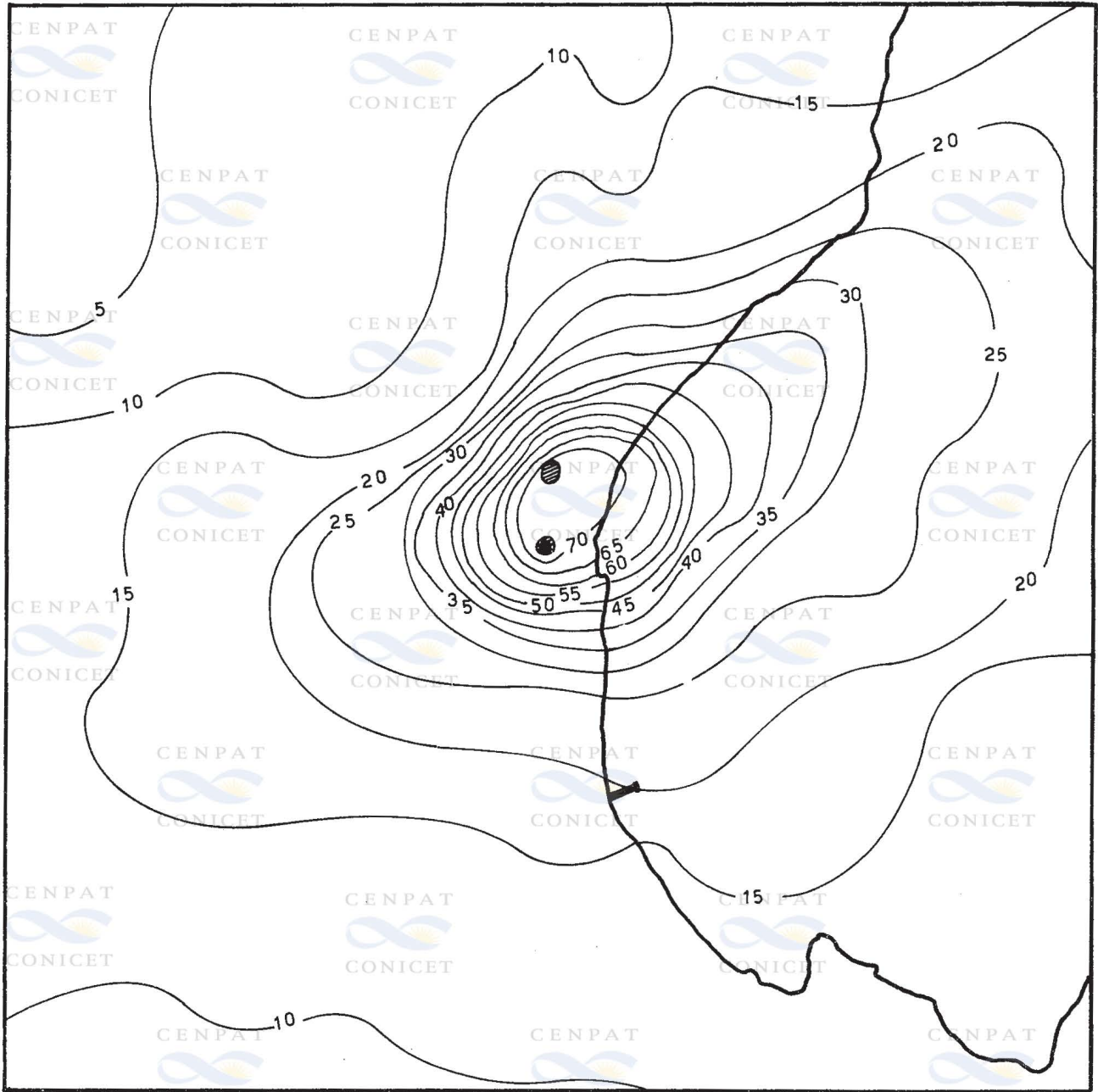
CENPAT
CONICET

CENPAT
CONICET



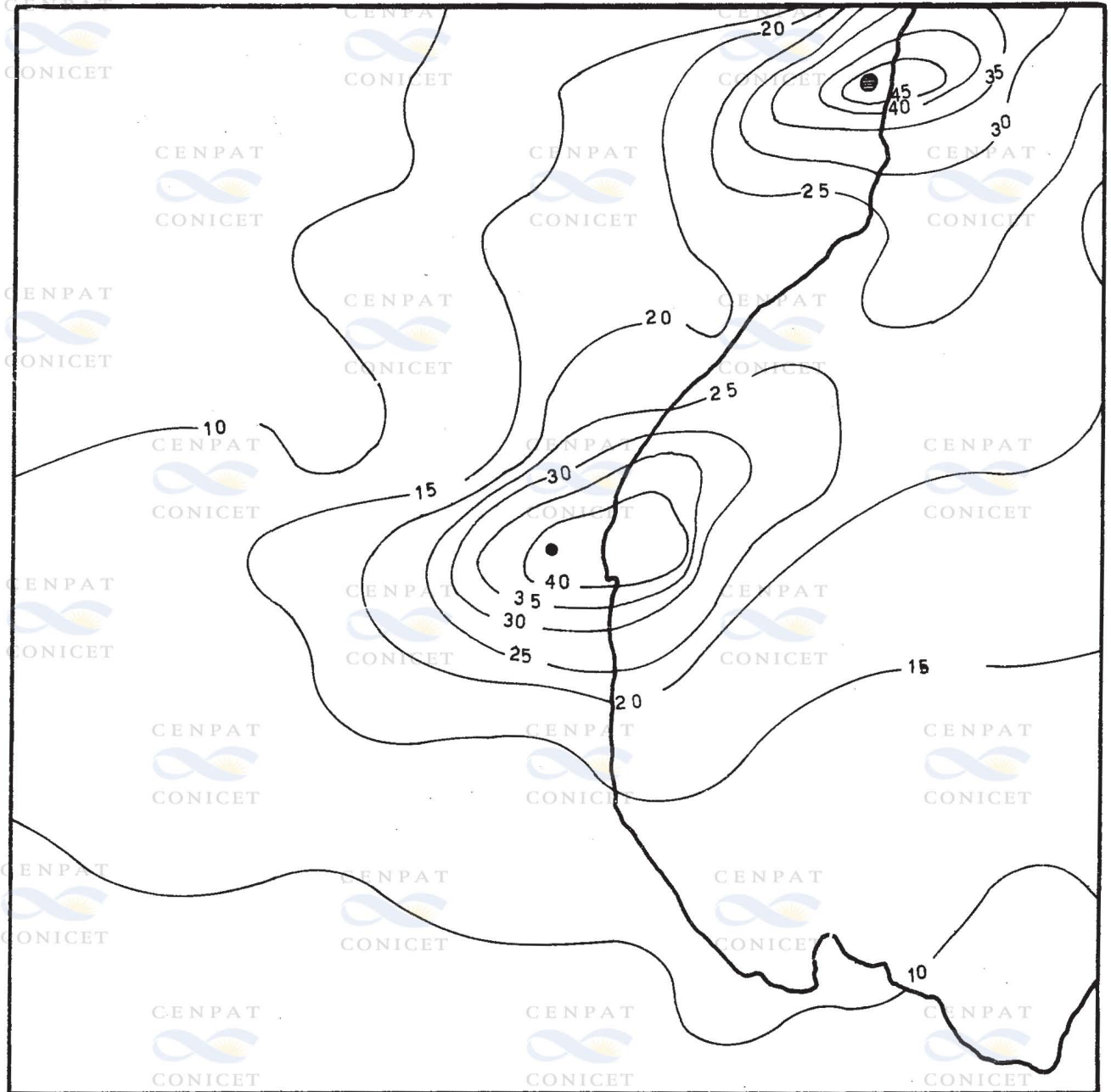
Concentraciones de fluor $\mu\text{g}/\text{m}^3$ predichas segun el modelo del Area-Fuentes

Figura 9



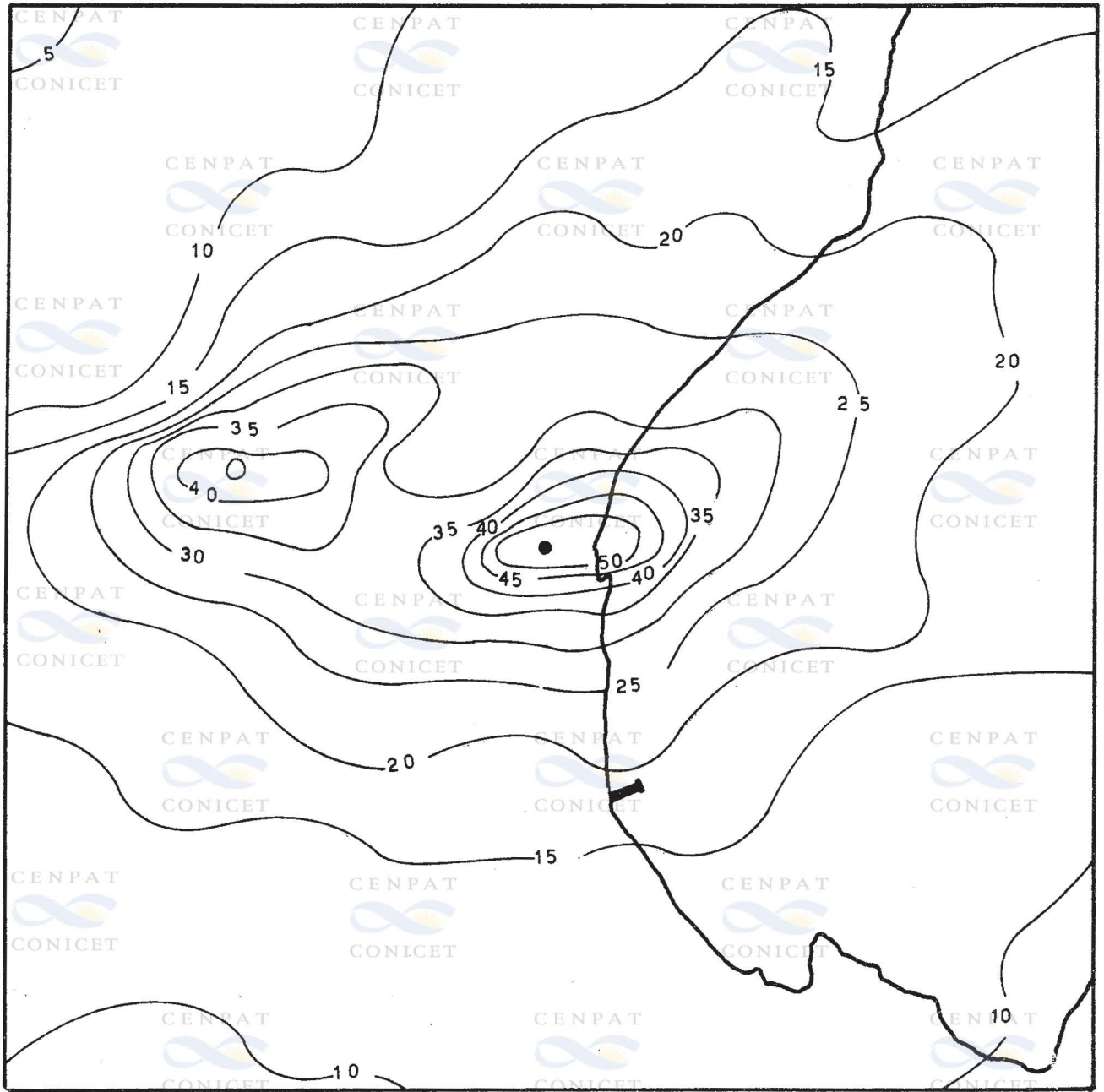
Concentraciones de fluor en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ predichas segun el modelo del Area - Fuente

Figura 10 a



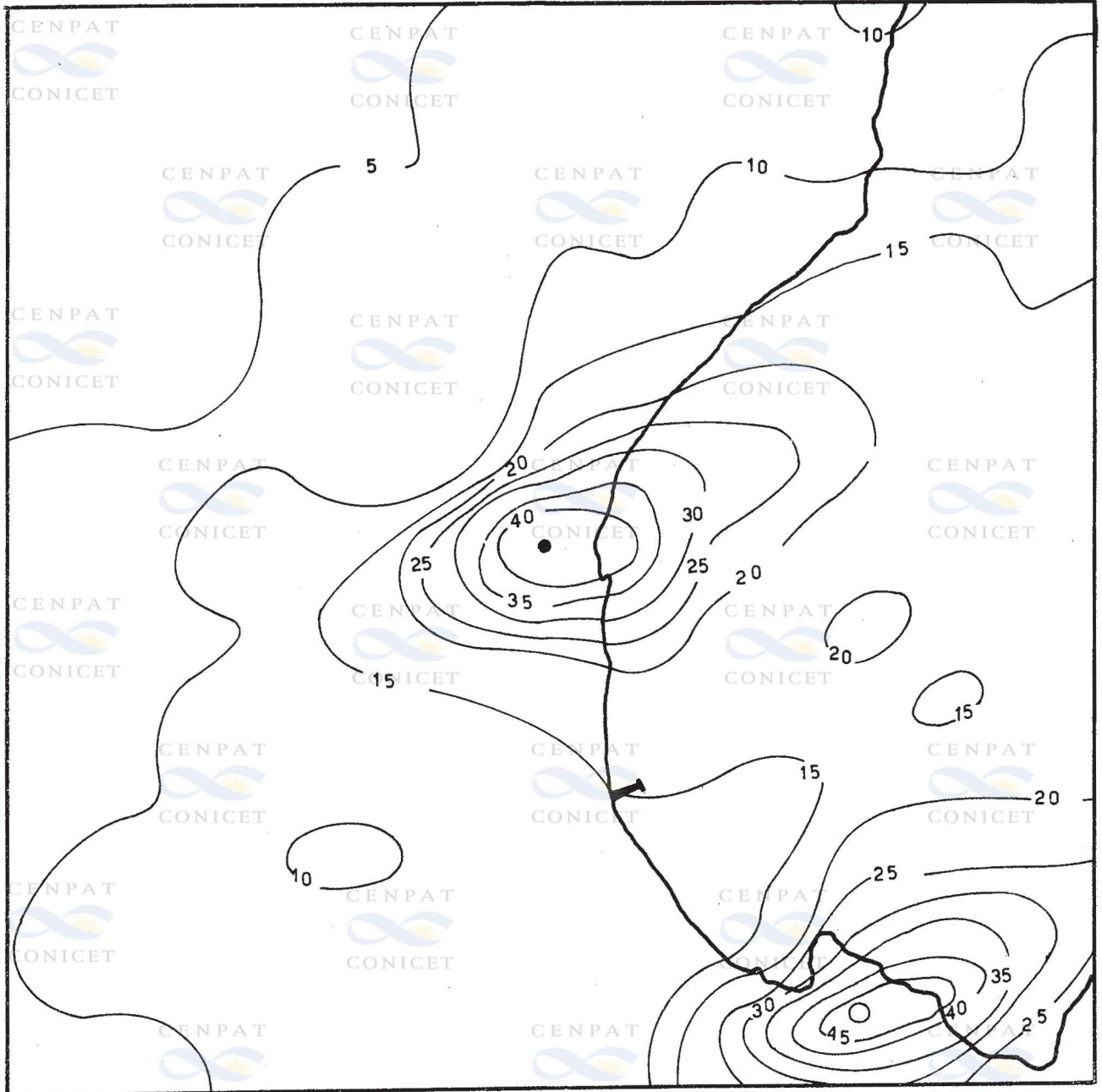
Concentraciones de fluor en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ predichas segun el modelo del Area-Fuentes

Figura 10 b



Concentraciones de fluor en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ predichas segun el modelo del Area-Fuente

Figura 10c



Concentraciones de fluor en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ predichas segun el modelo del Area-Fuente Figura 10d



Concentraciones de fluor $\mu\text{g}/\text{m}^3$ predichas segun el modelo de la Pluma Gaussiana. Figura 11