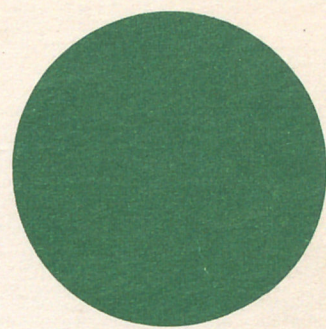


MINISTERIO DE TRANSPORTES, TURISMO
Y COMUNICACIONES

INM INSTITUTO
NACIONAL
DE METEOROLOGÍA



Serie A - 88

*«Notas para una
Climatología de la Nieve y
bases para un estudio de la
cobertura nivosa invernal
en España»*

Anselmo Peinado y
Carlos Almarza
Meteorólogos

INM

A 88

MADRID
1984

© Agencia Estatal de Meteorología. 2022

AEMET-BIBLIOTECA



1011222

832/F
CR.1011222

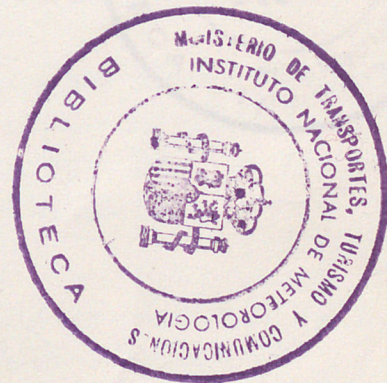
Sig M78.4 (041) = 60



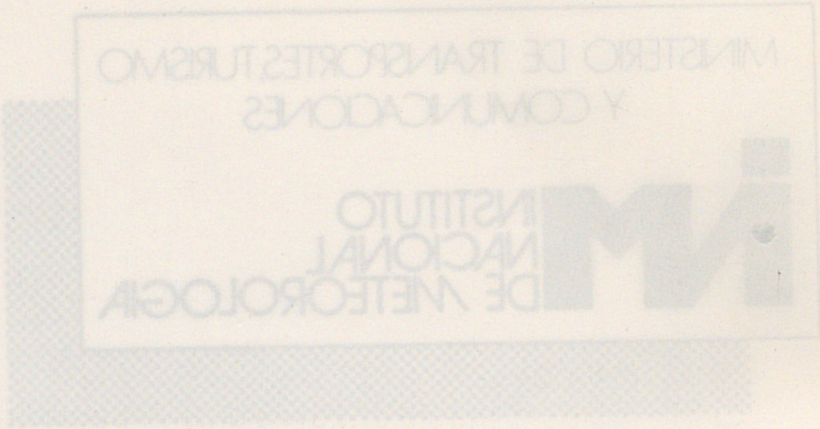
«NOTAS PARA UNA CLIMATOLOGIA DE LA NIEVE Y BASES PARA UN ESTUDIO DE LA COBERTURA NIVOSA INVERNAL EN ESPAÑA»

por
Anselmo Peinado
y
Carlos Almarza
Meteorólogos

14. FEB 1985



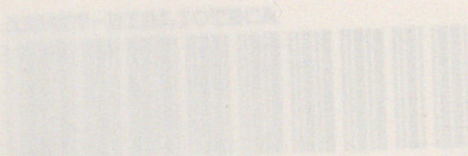
MADRID-1984



«NOTAS PARA UNA CLIMATOLOGÍA
DE LA NIEVE Y BASES
PARA UN ESTUDIO
DE LA COBERTURA NIVOSA INVERNAL
EN ESPAÑA»

por
Anselmo Pizarro
y
Carlos Almaraz
Meteorólogos

1 ABR 1982



MADRID-1981

I. PROLOGO

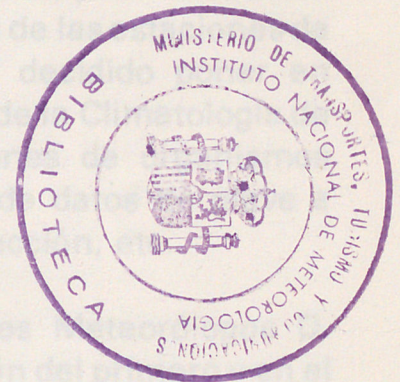
SUMARIO

I. Prólogo	5
II. Número medio anual de días de suelo cubierto de nieve. Su variabilidad espacio temporal y relación con parámetros topográficos	7
III. Distribución del espesor de la capa de nieve	11
IV. Estimación de sobrecargas de nieve sobre una superficie horizontal	23

El conocimiento del área de cobertura de nieve, del número de días de precipitación nivosa, de los espesores alcanzados y subsiguiente estimación del agua equivalente como un elemento de balances hídricos, es desde hace tiempo una preocupación constante en la Sección de Meteorología Hidrológica.

Mientras se va acumulando información precisa para abordar el tema en conjunto, información que comprende incluso la procedente de los satélites Landsat, Meteosat, etc., los resultados de las inspecciones de capa de nieve en el Sistema Pirenaico con la cooperación del Centro Meteorológico Zonal de Zaragoza, las efectuadas por compañías hidroeléctricas, tales como Iberduero en los montes de León y Sistema Central, y las de Andem en las Estaciones de Ski, además de las observaciones de la montaña y propias de las redes del I.N.M., se ha desarrollado en la circulación algunos trabajos preliminares en el tema de la Nieve en España, movidos en parte por peticiones públicas y privadas que necesitan el conocimiento de los efectos de aplicación a actividades turísticas, construcción, etc.

El presente trabajo ha sido realizado por los señores Anselmo Peinado y D. Carlos Almarza, bajo la dirección del Sr. Director. En el mismo han colaborado la Ayudante de Meteorología Dña. M. Carmen Durántez y el Administrativo-Calculador D. Antonio Gómez.



EL JEFE DEL SERVICIO DE APLICACIONES A RECURSOS Y MEDIO AMBIENTE
Jaime Miró-Granada

SUMARIO

8	I. Prólogo
7	II. Número medio anual de días de suelo cubierto de nieve. Su variabilidad espacio temporal y relación con parámetros topográficos
11	III. Distribución del espesor de la capa de nieve
23	IV. Estimación de sobrecargas de nieve sobre una superficie horizontal



I. PROLOGO

No abunda la literatura meteorológica española en estudios sobre nivometría y en estimaciones de la cobertura de la capa invernal. Si bien la red pluviométrica nacional tiene, en general, una densidad buena, incluso superior a la recomendada, adolece de falta de homogeneidad, tanto en sentido horizontal como, sobre todo, en las zonas de cotas más elevadas en donde la densidad de estaciones disminuye muy por debajo de lo que es conveniente a efectos de nivometría.

El conocimiento del área de cobertura de nieve, del número de días de precipitación nivosa, de los espesores alcanzados y subsiguiente estimación del agua equivalente como un elemento de balances hídricos, es desde hace tiempo una preocupación constante en la Sección de Meteorología Hidrológica.

Mientras se va acumulando información precisa para abordar el tema en conjunto, información que comprende incluso la procedente de los satélites Landsat, Meteosat, etc., los resultados de las inspecciones de capa de nieve en el Sistema Pirenaico con la cooperación del Centro Meteorológico Zonal de Zaragoza, las efectuadas por compañías hidroeléctricas, tales como Iberduero en los montes de León y Sistema Central, y las de Atudem en las Estaciones de Skí, además de las observaciones de las estaciones de montaña y propias de las redes del I.N.M., se ha decidido poner en circulación algunos trabajos preliminares en el tema de la Climatología de la Nieve en España, movidos en parte por peticiones de organismos públicos y privados que necesitan el conocimiento de datos de nieve a efectos de aplicación a actividades turísticas, construcción, etc.

El presente trabajo ha sido realizado por los Meteorólogos D. Anselmo Peinado y D. Carlos Almarza, bajo la dirección del primero y en el mismo han colaborado la Ayudante de Meteorología Dña. M. Carmen Durántez y el Administrativo-Calculador D. Antonio Gómez.

EL JEFE DEL SERVICIO DE APLICACIONES A
RECURSOS Y MEDIO AMBIENTE

Jaime Miró-Granada

I. PROLOGO

No abunda la literatura meteorológica española en estudios sobre nivometría y en estimaciones de la cobertura de la capa invernal. Si bien la red pluviométrica nacional tiene, en general, una densidad buena, incluso superior a la recomendada, adolece de falta de homogeneidad, tanto en sentido horizontal como, sobre todo, en las zonas de cotas más elevadas en donde la densidad de estaciones disminuye muy por debajo de lo que es conveniente a efectos de nivometría.

El conocimiento del área de cobertura de nieve, del número de días de precipitación nivosos, de las espesores alcanzados y subsiguiente estimación del agua equivalente como un elemento de balances hídricos, es desde hace tiempo una preocupación constante en la Sección de Meteorología Hidrológica.

Mientras se va acumulando información precisa para abordar el tema en conjunto, información que comprende incluso la precedente de los satélites Landsat, Meteosat, etc., los resultados de las inspecciones de capa de nieve en el Sistema Pirineo con la cooperación del Centro Meteorológico Zonal de Zaragoza, las efectuadas por compañías hidroeléctricas, tales como Iberdrola en los montes de León y Sistema Central, y las de Añadem en las Estaciones de Ski, además de las observaciones de las estaciones de montaña y propias de las redes del I.N.M., se ha decidido poner en circulación algunos trabajos preliminares en el tema de la Climatología de la Nieve en España, movidos en parte por peticiones de organismos públicos y privados que necesitan el conocimiento de datos de nieve a efectos de aplicación a actividades turísticas, construcción, etc.

El presente trabajo ha sido realizado por los Meteorólogos D. Anselmo Peinado y D. Carlos Almaraz, bajo la dirección del primero y en el mismo han colaborado la Ayudante de Meteorología Dña. M. Carmen Durántez y el Administrativo-Calculador D. Antonio Gómez.

EL JEFE DEL SERVICIO DE APLICACIONES A
RECURSOS Y MEDIO AMBIENTE
Jaime Miró-Grau

II. NUMERO MEDIO ANUAL DE DIAS DE SUELO CUBIERTO DE NIEVE. SU VARIABILIDAD, ESPACIO TEMPORAL Y RELACION CON PARAMETROS TOPOGRAFICOS

Las Estaciones de la Red Pluviométrica del I.N.M., que están a cargo de colaboradores voluntarios, por afición o con fines educativos o agrarios, principalmente, anotan los días en que cae nieve y también aquellos días en que la nieve cubre el suelo, bien en el día que cae o bien en días sucesivos (se entiende por «cubrir» cuando más de la mitad del suelo en los alrededores de la Estación queda oculto por la nieve). Algunos también anotan las temperaturas extremas de cada día.

De los datos de dichas Estaciones, correspondientes al período 1967-77 y que en este intervalo de tiempo al menos han tenido un día con suelo cubierto de nieve, se han extraído el número de días con suelo cubierto de nieve para cada Estación, mes y año, agrupándolas según las diez cuencas hidrográficas peninsulares, más Baleares y Canarias, e igualmente el número de días con nevada o con helada, y se han realizado los estudios estadísticos cuyos resultados se reflejan en los cuadros I, II y III.

El cuadro I estudia:

- a) Las características de la red de estaciones indicando en la columna (1) el número de estaciones en cada cuenca, que va desde 1 en Canarias y Guadiana hasta 493 en el Duero; en la (2) la altitud media \bar{x} de dichas estaciones que oscila entre los 236 m. de Baleares y los 1.105 m. del Guadalquivir; en (3) y (4) la variabilidad o dispersión de estas altitudes x en torno a la media dada por la desviación típica σ_x en (3) y el coeficiente de variación CV_x , en porcentaje, en (4) y que va desde el 19% en el Tajo hasta el 94% en la cuenca Norte.
- b) Las características del número medio anual de días con suelo cubierto de nieve, \bar{N} , indicando en (5) el promedio espacial de estos números medias temporales de cada estación, \bar{N} , que va desde 0,6 días al año en la cuenca Sur a 10,5 en la del Duero, y en (6) y (7) la variabilidad geográfica en torno a este promedio, dada por la desviación típica y el coeficiente de variación, que oscila entre el 63% del Guadalquivir y el 240% del Segura.

- c) La relación entre la altitud de cada estación x , y su número medio anual de días con suelo cubierto de nieve, \bar{N} , mediante el coeficiente de correlación entre ambos, siendo los más bajos 0,35 para 7 pares en Baleares y 0,51 para 9 pares en la cuenca Sur y los más altos 0,96 en el Guadalquivir para 4 pares y 0,87 para 34 pares en la cuenca Norte. En (9) figura la ecuación de la recta de regresión de \bar{N} sobre x .

Para obtener el cuadro II se utilizaron las estaciones que tienen datos de temperaturas extremas, cuyo número figura en la columna (1). Al igual que en el cuadro I se estudia la altitud x , el número medio anual de días con helada (es decir con temperatura mínima a lo sumo de 0° C), \bar{H} , y el número medio anual de días con suelo cubierto de nieve \bar{N} , así como la relación entre altitud x , y número anual de días con heladas, \bar{H} , y entre H , y número medio anual de días con suelo cubierto de nieve, \bar{N} .

El cuadro III explica la variabilidad temporal: en la columna (1) la variabilidad interanual durante estos once años 1967-77 de los números anuales, para cada cuenca, de días con suelo cubierto de nieve y en la columna (4) lo mismo para los días con heladas indicándose por los respectivos coeficientes de variación temporal para estas series de once años. Se observa mucha más regularidad en las heladas (con CV de 13% a 25%) que en las nevadas (con CV de 22% a 93%).

CUADRO I

Relación entre altitud de la estación (x) y número medio anual de días con suelo cubierto de nieve (\bar{N}), y variabilidad espacial de éstos.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Cuencas	n	\bar{x}	σ_x	CV x	\bar{N}	σ_n	CV \bar{N}	r $\bar{N}-X$	Recta de regresión $\bar{N}-X$
NORTE	34	429	403	94	7,9	10,7	135	0,87	$\bar{N} = 0,0232 x - 2,0075$
DUERO	493	922	190	21	10,5	16,2	154	0,62	$\bar{N} = 0,0533 x - 38,6724$
TAJO	36	1.045	199	19	10,0	10,1	101	0,69	$\bar{N} = 0,0351 x - 26,6560$
GUADIANA	1	952	—	—	—	—	—	—	—
GUADALQUIVIR	4	1.105	228	21	7,6	4,8	63	0,96	$\bar{N} = 0,0202 x - 14,6617$
SUR	9	1.040	416	40	0,6	0,5	83	0,51	$\bar{N} = 0,0006 x + 0,0054$
SEGURA	27	704	323	46	3,0	7,2	240	0,63	$\bar{N} = 0,0140 x - 6,8530$
LEVANTE	130	909	280	31	3,5	4,7	134	0,59	$\bar{N} = 0,0100 x - 5,5929$
EBRO	95	767	315	41	9,3	17,5	188	0,60	$\bar{N} = 0,0331 x - 16,0500$
PIRINEO ORal.	23	529	444	84	2,0	2,6	130	0,52	$\bar{N} = 0,0030 x + 0,3432$
BALEARES	7	236	206	87	0,8	0,6	75	0,35	$\bar{N} = 0,0100 x + 0,5299$
CANARIAS	1	2.360	—	—	—	—	—	—	—

CUADRO II

Relación entre la altitud de la estación (x) y el número medio anual de días con helada (\bar{H}) y entre este último y el número medio anual de días con suelo cubierto de nieve (\bar{N}) y variabilidad espacial o geográfica de éstos

Cuencas	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
	n	\bar{X}	σ_x	CV _x	\bar{H}	σ_H	CV _H	\bar{N}	σ_N	CV _N	$\bar{H}-X$	Recta de regresión \bar{H} sobre X	r	Recta de regresión \bar{N} sobre \bar{H}
Norte	17	419	475	113	52	51	98	9,5	12,8	135	0,87	$\bar{H} = 0,0942 X + 12,7564$	0,68	$\bar{N} = 0,1706 \bar{H} + 0,5619$
Duero	76	919	195	21	108	29	27	13,2	22,4	170	0,60	$\bar{H} = 0,0874 X + 27,6753$	0,46	$\bar{N} = 0,3624 \bar{H} - 25,9552$
Tajo	10	1.023	387	38	110	40	36	13,8	8,4	61	0,83	$\bar{H} = 0,0850 X + 22,7650$	0,77	$\bar{N} = 0,1640 \bar{H} - 4,5330$
Guadiana	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Guadalquivir	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sur	5	1.011	538	53	29	16	55	0,4	0,4	100	0,69	$\bar{H} = 0,0206 X + 8,0517$	0,02	$\bar{N} = 0,0005 \bar{H} + 0,3863$
Segura	20	694	284	41	38	26	68	2,7	7,4	274	0,67	$\bar{H} = 0,0610 X - 4,0290$	0,67	$\bar{N} = 0,1929 \bar{H} - 4,6980$
Levante	31	887	287	32	76	38	50	4,2	4,1	98	0,74	$\bar{H} = 0,0970 X - 9,9311$	0,48	$\bar{N} = 0,0529 \bar{H} + 0,1558$
Faro	37	709	402	57	88	47	53	13,7	25,7	188	0,66	$\bar{H} = 0,0767 X + 33,6181$	0,44	$\bar{N} = 0,2421 \bar{H} - 7,6378$
Pirineo OR.al	9	950	615	104	69	32	46	1,5	1,5	100	0,72	$\bar{H} = 0,0370 X + 47,5360$	0,60	$\bar{N} = 0,0285 \bar{H} - 0,4878$
Baleares	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Canarias	1	2.360	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

CUADRO III

Variabilidad temporal: interanual de los días con suelo cubierto de nieve o con helada

Máximo anual de días con suelo cubierto de nieve.
Máximo mensual de promedio de días con nevada.

Cuencas	CV _N	(2)												(3)												CV _H	n
		% estaciones con el máximo anual de días con suelo cubierto de nieve												% estaciones con el máximo mensual de promedio de *													
		1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Oct.	Nov.	Dici.							
Norte	23	15	18	26	21	5	5	3	8	5		31	26	31	3			10	17	34							
Duero	23	11	8	12	21	31	1	2	6	2		27	31	12				30	14	493							
Tajo	24	15	20	10	12	12		2	10	10		14	47	21				19	13	36							
Guadiana (1 estación)	51				100									100					—	1							
Guadalquivir	43		25		75									100					—	4							
Sur	81	8	25			33	17			17		13		13			13	62	17	9							
Segura	45		12	9	27	36	3	3	6			18	6	27			3	45	25	27							
Levante	48	12	1	13	24	34	4	2	1	4	1	3	10	27	37		1	25	17	130							
Ebro	22	9	3	9	24	13	7	4	2	8	14	14	14	32	32		1	22	18	95							
Pirineo Oriental	66	21			21	21		4	14	11	7	7	8	21	33	8		31	13	23							
Baleares	93						12		38	50			29	29	29			14	—	7							
Canarias (1 estación)	47	100													100				25	1							

*Días con suelo cubierto de nieve

III. DISTRIBUCION DEL ESPESOR DE LA CAPA DE NIEVE

INTRODUCCION

En nuestro país existe una normativa respecto a las sobrecargas de nieve en el capítulo 4º de la Norma MV 101-1962 «Acciones en la edificación» aprobada mediante Decreto 195/1963 de 17 de Enero. En esta disposición se define la sobrecarga de nieve en una superficie cubierta como el peso de la nieve que en las condiciones climatológicas más desfavorables, puede acumularse sobre ella, y se especifica además que la sobrecarga de nieve sobre una superficie horizontal se supone uniformemente repartida y su valor en cada localidad puede fijarse con los datos estadísticos locales cuando existan con garantía suficiente. Cuando no existan datos estadísticos, el valor de la sobrecarga es el dado por la tabla siguiente en función de la altitud topográfica de la localidad.

Altitud	Sobrecarga Kg/m ²
0 a 200	40
201 a 400	50
401 a 600	60
601 a 800	80
801 a 1.000	100
1.001 a 1.200	120
1.200	h: 10

Puesto que el Instituto Nacional de Meteorología no realizaba medidas de capa de nieve no existían en la época en que se fijó la normativa citada estadísticas con los datos de este parámetro ni siquiera pudo estimarse el valor de la capa deducida de observaciones.

Con el presente trabajo se pretende llenar esta laguna y dar una idea más precisa acerca de la distribución de la capa de nieve en nuestro país con la aplicación inmediata del cálculo de sobrecargas de nieve.

1.— DISTRIBUCION DE ESPESOR DE LA CAPA DE NIEVE

A partir de 1973 la Sección de Meteorología Hidrológica ha ido recopilando un conjunto de datos de espesores de nieve procedentes de las estaciones de esquí y facilitados por la Asociación Turística de Estaciones de Esquí y Montaña (A.T.U.D.E.M.), estos datos han sido los únicos disponibles y cubren el período de nueve años comprendido entre 1973 y 1982 con algunas lagunas. En el cuadro I figura un resumen de los espesores máximos anuales de la capa de nieve observada en las distintas estaciones.

Todos estos datos en general se refieren a espesores observados en puntos situados por encima de los 1.400 m. de altitud por lo que ha sido necesario estimar el valor de la capa de nieve en puntos de altitudes inferiores. En el cuadro II figuran los espesores máximos anuales deducidos de las observaciones pluviométricas en Observatorios Meteorológicos de la Red Nacional en los que el fenómeno de la nieve es relativamente frecuente y se han calculado acumulando los valores de la precipitación cuando ésta era en forma de nieve, considerando como densidad la correspondiente a nieve fresca 100 Kg/m^3 y expresando el espesor en centímetros.

Se ha pretendido operar con un período homogéneo, concretamente el de los nueve años o mejor temporadas comprendidas entre 1973-74 y 1981-82, no obstante la existencia de lagunas y la falta de disponibilidad de los datos básicos de algunos años, de diversas estaciones meteorológicas por encontrarse en proceso de mecanización, no ha hecho posible el que los períodos de observación de los datos de las distintas estaciones se refieren rigurosamente a este período, queremos por tanto dejar claro que los datos empleados son susceptibles de crítica y no sólo por su origen, dado que son obtenidos por observadores no profesionales sino también por la falta de referencia a un período común. Sin embargo y según se verá en los resultados alcanzados ofrecen un cierto grado de coherencia.

1.1.— *Espesor de la capa de nieve*

Ya se ha apuntado en la introducción y en el apartado anterior la falta de datos de observación para calcular con precisión el espesor de la capa de nieve en nuestro país con independencia de que el valor de este parámetro puede presentar oscilaciones importantes debidas por una parte a la configuración orográfica del terreno y por otra al efecto local del viento al producirse las nevadas, acumulándose la nieve de forma desigual.

De todas maneras existe una dependencia cuasi-funcional entre la precipitación media y la altitud y de la misma forma entre la distribución del espesor de la capa de nieve y la altitud, por lo que se ha ensayado con los

resultados que luego se discutirán una expresión de tipo exponencial de la forma $d = AB^h$ donde d es el espesor máximo anual de la capa de nieve y h la altitud. Esta expresión está recomendada en el Anexo B de las normas internacionales ISO - 4355 - 1981, aunque d se refiere en estas normas al valor medio del espesor máximo anual, y está tomada de la publicación «Basic data on Loads, Joint Committee on Structural Safety».

Las constantes A y B de la expresión ensayada dependen de las características climatológicas de cada región por lo que se han ajustado para cada una de las cuatro regiones siguientes:

- a) Zona I.— Norte-Atlántica, que comprende Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco y las provincias de León, Zamora, Palencia y Burgos.
- b) Zona II.— Norte-Mediterránea, constituida por las regiones de Navarra, Rioja, Cataluña y las provincias de Huesca, Zaragoza y Burgos.
- c) Zona III.— Sur-peninsular, que engloba todas las demás regiones y provincias restantes a excepción de las provincias de Granada y Málaga que quedan incluidas en la siguiente.
- d) Zona IV.— Penibética.

CUADRO I

Valores máximos del espesor de la capa de nieve en cm

Estación	Años:								
	73-74	74-75	75-76	76-77	77-78	78-79	79-80	80-81	81-82
PIRINEO CATALAN:									
Baqueira-Beret cota 2.500	190	225	170	190	320	250	160	400	350
Baqueira-Beret cota 1.800			135	95	215	110	100	145	
Baqueira-Beret cota 1.500			40		135	75	50	100	100
La Molina cota 2.100	175	90	60	150	75	100			
La Molina cota 1.700			60	120	50	60			
Masella cota 2.500	180		75	205	180	175	90	100	390
Masella cota 2.000			45	100	60	105	55	55	210
Masella cota 1.600			20	80	30	50	30	50	110
Walter cota "	2.200			155	120	130	80	95	300
Walter cota "	2.200			270	250	180	80	50	250
Llesui cota "	2.500	150	80	90	270	220	220		260
Llesui cota "	2.000			65	100	100	110		110
Llesui cota "	1.500			15	40	40	70		100
Super Espot cota 2.400	170	150	90	195	185	150	80	50	190
Super Espot cota 2.000			75	150	130	130	40	40	110
Super Espot cota 1.800			35	90	75	60	25	40	70
Super Molina cota 2.536				250	80	80	40	100	200

CUADRO I (Continuación)

Valores máximos del espesor de la capa de nieve en cm

Estación	Años:								
	73-74	74-75	75-76	76-77	77-78	78-79	79-80	80-81	81-82
Super Molina cota 2.200				150	70	60	35		
Super Molina cota 1.700				80	20	35	35	50	110
Tuca (Valle de Arán) cota 2.200	250	115	115	115	250	130	100	260	
Tuca (Valle de Arán) cota 1.800				60	200	100		170	
Tuca (Valle de Arán) cota 1.500				30	130	60	50	110	
PIRINEO ARAGONES:									
Candanchú cota 2.400	190	270					300	285	230
Candanchú cota 2.020			185	185	200	220	110	130	
Candanchú cota 1.540	130	140	130	85	160	120	60	120	90
Cerler cota 2.380	170	140	100	150	110	290	50	80	240
Cerler cota 2.000			70	120	80	140	40		
Cerler cota 1.800			70	90	70	130	25		80
Cerler cota 2.700				200	140	310	60	30	250
Formigal cota 2.350	215	180		200	180	290	220	240	310
Formigal cota 2.000			120	170		150	160	110	150
Formigal cota 1.500				50		50	60	80	140
Valle de Astún cota 2.300					350	350	350	385	250
Valle de Astún cota 2.000					300	300	330	365	125
Valle de Astún cota 1.700					180	180	70	250	130
CORDILLERA CANTABRICA:									
Alto Campoo cota 2.200		200	210	130	150	150	100	120	80
Alto Campoo cota 1.500			110		70		70	90	70
Pto. S. Isidro cota 2.000			250	130	300	230	130	150	100
Pto. S. Isidro cota 1.700		130	200	100	200	150	85	100	
Pto. S. Isidro cota 1.500			130	30	100	100	65	40	50
Valgrande (Pajares) cota 1.890	140	80	190			100	120	60	60
Valgrande (Pajares) cota 1.400			80			70	80	40	50
Cabeza de Manzaneda) cota 1.800		100	200	80	60	85			160
Cabeza de Manzaneda cota 1.400			80	60	45	50			70
SISTEMA CENTRAL:									
La Pinilla cota 2.273			180						
La Pinilla cota 1.800			140	50	70	60	80		
La Pinilla cota 1.500			30	15	45	25	40		
Puerto Navacer.	150	100							
Valcotos	100	60							
Valdesquí cota 2.200			200	140					
Valdesquí cota 2.000				120	120		120		
Valdesquí cota 1.800			100	100	100		80		
SISTEMA PENIBETICO:									
Sol y Nieve cota 3.470			125	300	195	395	130		240
Sol y Nieve cota 2.700	180	150	100	200	185	410	95	95	
Sol y Nieve cota 2.100			85	65	55	130	40	80	120
SISTEMA IBERICO:									
Valdezcaray cota 2.000			110	150	110	95	100	120	
Valdezcaray cota 1.800			95		100	60	75	100	

CUADRO II
Espesor máximo de la capa de nieve en cm

Estación	Alt.	Años												
		1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Ponferrada	541	7,8	21,5	6,9	23,2	18,9	16,9	5,2	23,2	0,0	7,2	1,5	6,4	12,3
León	820	18,3	20,3	3,0	13,5	20,6	27,9	20,4	35,4	31,6	25,4	10,0	9,1	24,6
Burgos	860	7,2	18,6	5,0	13,2	9,2	8,0	15,1	8,0	5,5	16,8	5,2	2,7	19,5
Monflorite	470	9,6	12,6	0,0	19,4	5,8	0,0	0,0	2,4	0,0	0,4	0,0	4,2	11,1
Avila	1.130	2,5	12,6	6,5	22,6	3,2	9,5	17,0	5,5	12,5	3,5	28,6	6,3	7,2
Segovia	1.000	6,0	8,0	16,6	16,4	24,0	4,2	11,0	53,2	23,6	12,8	33,2	6,8	10,6
Soria	1.090	3,7	44,2	36,8	22,4	23,3	39,4	6,8	22,4	10,7	13,7	19,7	13,6	20,7
Cuenca	1.010	0,5	16,0	14,0	26,0	22,8	25,5	10,1	8,7	2,5	9,3	0,0	12,4	10,5
Calamocha	884	10,4	3,6	32,2	24,0	16,0	14,2	10,3	9,5	34,0	15,0	4,6	18,4	8,8
Molina de Aragón	1.068	4,0	12,2	16,1	17,8	19,3	12,3	9,8	5,3	25,2	16,3	6,9	17,3	15,9

1.2.— *Espesor de la capa de nieve en la zona I*

Con los datos de máximo espesor de la capa de nieve observada en las estaciones de esquí de Alto Campoo, Puerto de San Isidro, Valgrande-Pajares, y Cabeza de Manzaneda, así como con los datos de las estaciones meteorológicas de León, Ponferrada y Burgos se han calculado los coeficientes A y B de la expresión $d = A \cdot B^H$, donde «d» es el espesor de la capa de nieve en cm. y «H» la altitud en m. La técnica que se ha utilizado consiste en determinar la recta de regresión del logaritmo del espesor sobre la altitud por el método de los mínimos cuadrados, en el cuadro III se detallan los cálculos efectuados.

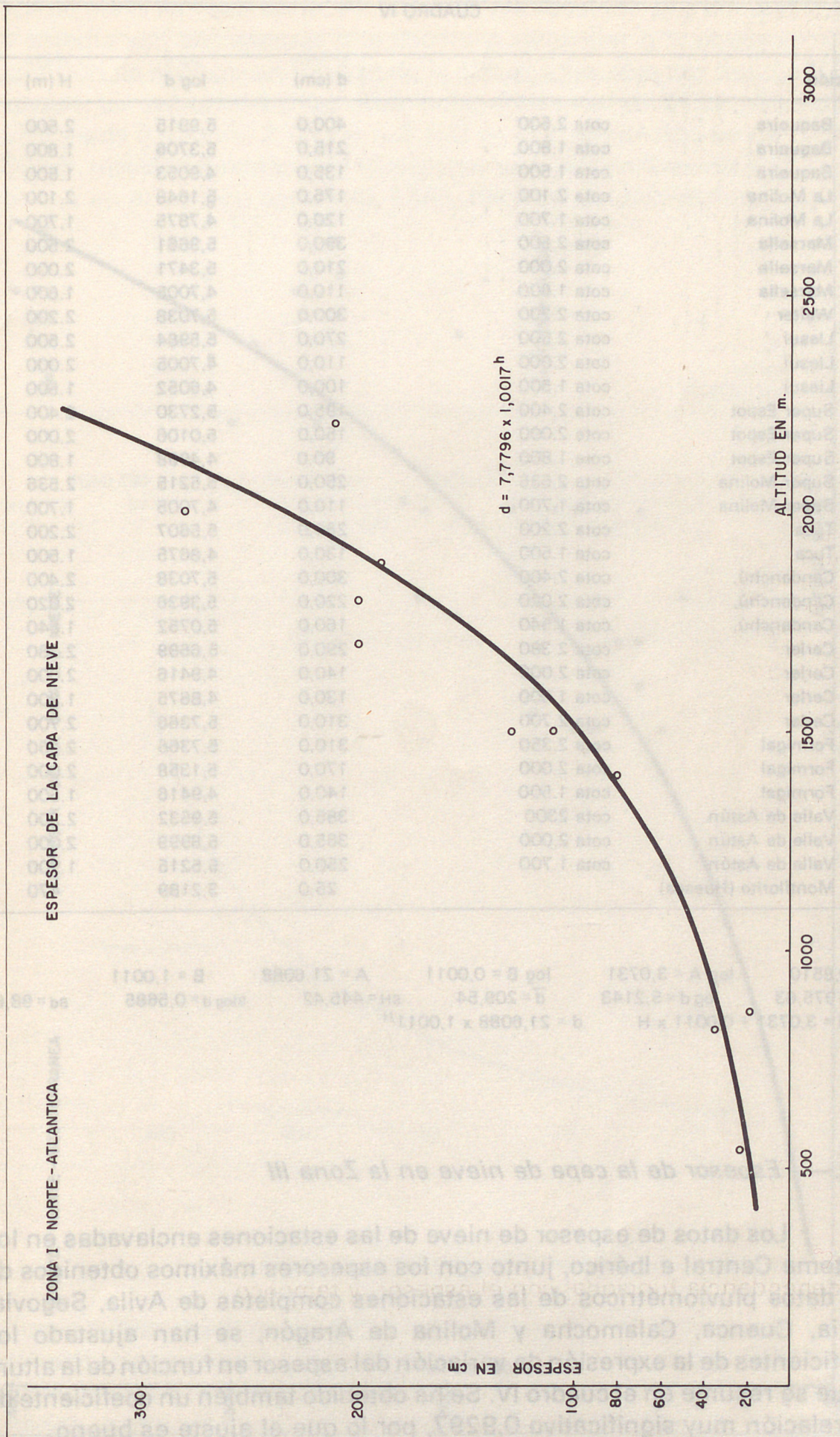
CUADRO III

Estación		d (cm)	log d	H (m)
1. Alto Campoo	cota 2.200	210,0	5,3471	2.200
2. Alto Campoo	cota 1.500	110,0	4,7005	1.500
3. San Isidro	cota 2.000	300,0	5,7038	2.000
4. San Isidro	cota 1.700	200,0	5,2983	1.700
5. San Isidro	cota 1.500	130,0	4,8675	1.500
6. Valgrande	cota 1.890	190,0	5,2470	1.890
7. Valgrande	cota 1.400	80,0	4,3820	1.400
8. Cabeza de Manzaneda	cota 1.800	200,0	5,2983	1.800
9. Cabeza de Manzaneda	cota 1.400	80,0	4,3820	1.400
10. Ponferrada		23,2	3,1442	541
11. León		35,4	3,5667	820
12. Burgos		19,5	2,9704	860

$$\begin{array}{lllll}
 r = 0,9533 & \log A = 2,0515 & \log B = 0,0017 & A = 7,7796 & B = 1,0017 \\
 \bar{H} = 1467,58 & \bar{d} = 131,50 & S_H = 506,43 & S_d = 88,74 & \\
 d = A \cdot b^H & \log. d = \log A + H \log B & \log. d = 2,0515 + 0,0017 \times H & & d = 7,7796 \times 1,0017^H
 \end{array}$$

1.3.— *Espesor de la capa de nieve en la Zona II*

Siguiendo un proceso análogo al descrito para la Zona I se han utilizado los espesores máximos de la capa de nieve observados en las estaciones de esquí situadas en los Pirineos, completadas con los datos de la estación completa de Montflorite (Huesca). En el cuadro IV se exponen los cálculos realizados obteniéndose finalmente la expresión $d = 21,6088 \times 1,0011^H$ que nos da la variación del espesor máximo con la altitud en la zona Norte-Mediterránea. El grado de ajuste de los coeficientes A y B no es tan alto como en la zona I, en este caso el coeficiente de correlación es $r = 0,8510$ que por otra parte tiene un fuerte grado de significación.



CUADRO IV

Estación		d (cm)	log d	H (m)
1. Baqueira	cota 2.500	400,0	5,9915	2.500
2. Baqueira	cota 1.800	215,0	5,3706	1.800
3. Baqueira	cota 1.500	135,0	4,9053	1.500
4. La Molina	cota 2.100	175,0	5,1648	2.100
5. La Molina	cota 1.700	120,0	4,7875	1.700
6. Marsella	cota 2.500	390,0	5,9661	2.500
7. Marsella	cota 2.000	210,0	5,3471	2.000
8. Marsella	cota 1.600	110,0	4,7005	1.600
9. Walter	cota 2.200	300,0	5,7038	2.200
10. Llesui	cota 2.500	270,0	5,5984	2.500
11. Llesui	cota 2.000	110,0	4,7005	2.000
12. Llesui	cota 1.500	100,0	4,6052	1.500
13. Super Espot	cota 2.400	195,0	5,2730	2.400
14. Super Espot	cota 2.000	150,0	5,0106	2.000
15. Super Espot	cota 1.800	90,0	4,4998	1.800
16. Super Molina	cota 2.536	250,0	5,5215	2.536
17. Super Molina	cota 1.700	110,0	4,7005	1.700
18. Tuca	cota 2.200	260,0	5,5607	2.200
19. Tuca	cota 1.500	130,0	4,8675	1.500
20. Candanchú,	cota 2.400	300,0	5,7038	2.400
21. Candanchú,	cota 2.020	220,0	5,3936	2.020
22. Candanchú,	cota 1.540	160,0	5,0752	1.540
23. Cerler	cota 2.380	290,0	5,6699	2.380
24. Cerler	cota 2.000	140,0	4,9416	2.000
25. Cerler	cota 1.800	130,0	4,8675	1.800
26. Cerler	cota 2.700	310,0	5,7366	2.700
27. Formigal	cota 2.350	310,0	5,7366	2.350
28. Formigal	cota 2.000	170,0	5,1358	2.000
29. Formigal	cota 1.500	140,0	4,9416	1.500
30. Valle de Astún	cota 2300	385,0	5,9532	2.300
31. Valle de Astún	cota 2.000	365,0	5,8999	2.000
32. Valle de Astún	cota 1.700	250,0	5,5215	1.700
33. Montflorite (Huesca)		25,0	3,2189	470

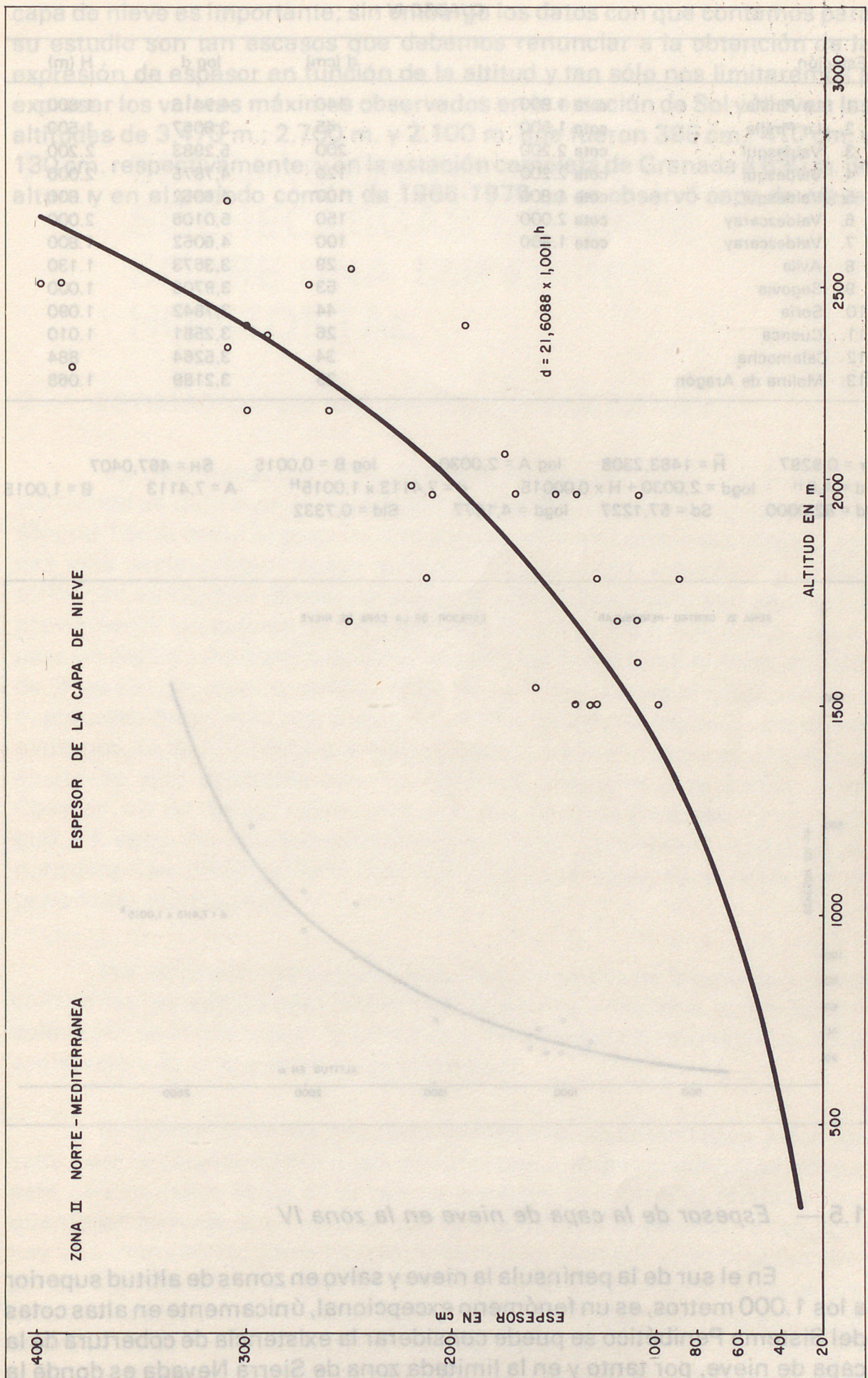
$$r = 0,8510 \quad \log A = 3,0731 \quad \log B = 0,0011 \quad A = 21,6088 \quad B = 1,0011$$

$$\bar{H} = 1975,63 \quad \log d = 5,2143 \quad \bar{d} = 209,54 \quad sH = 446,42 \quad s \log d = 0,5685 \quad sd = 98,64$$

$$\log d = 3,0731 + 0,0011 \times H \quad d = 21,6088 \times 1,0011^H$$

1.4.— *Espesor de la capa de nieve en la Zona III*

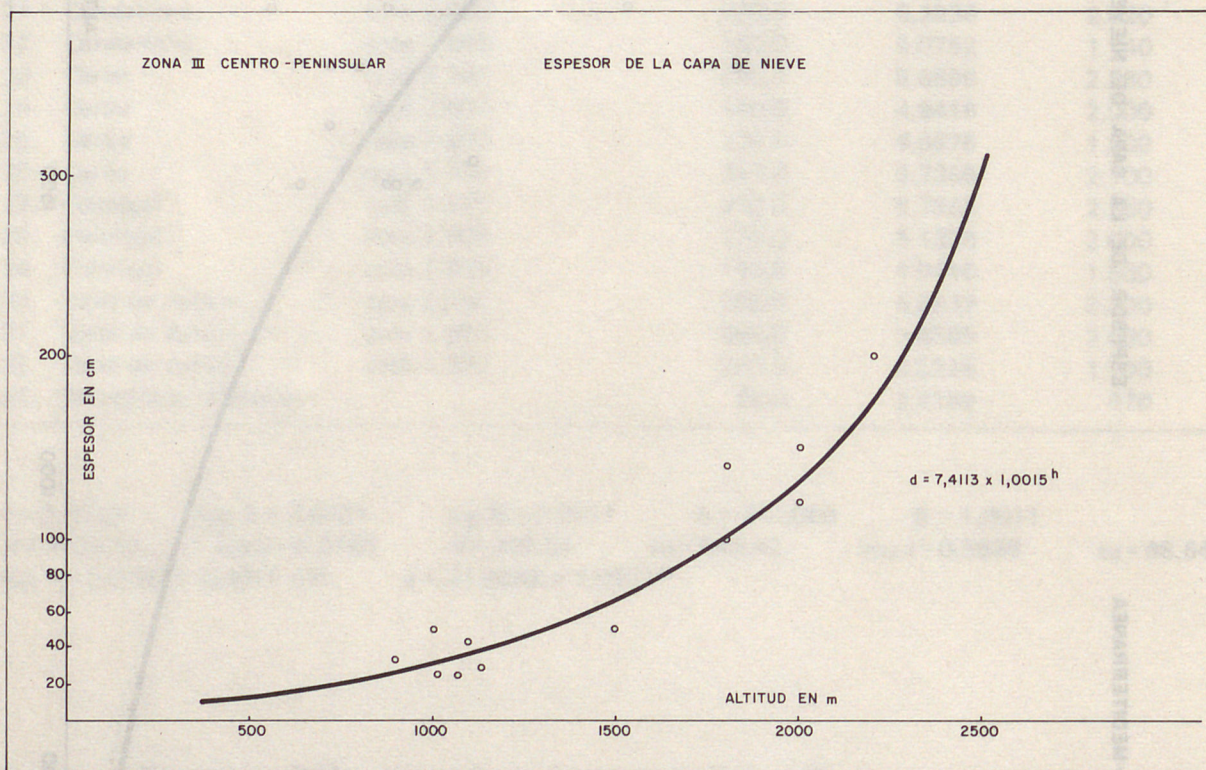
Los datos de espesor de nieve de las estaciones enclavadas en los Sistema Central e Ibérico, junto con los espesores máximos obtenidos de los datos pluviométricos de las estaciones completas de Avila, Segovia, Soria, Cuenca, Calamocha y Molina de Aragón, se han ajustado los coeficientes de la expresión de variación del espesor en función de la altura y que se resume en el cuadro IV. Se ha obtenido también un coeficiente de correlación muy significativo 0,9297, por lo que el ajuste es bueno.



CUADRO IV

Estación		d (cm)	log d	H (m)	
1.	La Pinilla	cota 1.800	140	4,9416	1.800
2.	La Pinilla	cota 1.500	45	3,8067	1.500
3.	Valdesquí	cota 2.200	200	5,2983	2.200
4.	Valdesquí	cota 2.200	120	4,7875	2.000
5.	Valdesquí	cota 1.800	100	4,6052	1.800
6.	Valdezcaray	cota 2.000	150	5,0106	2.000
7.	Valdezcaray	cota 1.800	100	4,6052	1.800
8.	Avila		29	3,3673	1.130
9.	Segovia		53	3,9703	1.000
10.	Soria		44	3,7842	1.090
11.	Cuenca		26	3,2581	1.010
12.	Calamocha		34	3,5264	884
13.	Molina de Aragón		25	3,2189	1.068

$r = 0,9297$ $\bar{H} = 1483,2308$ $\log A = 2,0030$ $\log B = 0,0015$ $SH = 467,0407$
 $d = A \cdot B^H$ $\log d = 2,0030 + H \times 0,0015$ $d = 7,4113 \times 1,0015^H$ $A = 7,4113$ $B = 1,0015$
 $d = 82,0000$ $Sd = 57,1227$ $\log d = 4,1677$ $Sld = 0,7332$



1.5.— *Espesor de la capa de nieve en la zona IV*

En el sur de la península la nieve y salvo en zonas de altitud superior a los 1.000 metros, es un fenómeno excepcional, únicamente en altas cotas del Sistema Penibético se puede considerar la existencia de cobertura de la capa de nieve, por tanto y en la limitada zona de Sierra Nevada es donde la

capa de nieve es importante; sin embargo los datos con que contamos para su estudio son tan escasos que debemos renunciar a la obtención de la expresión de espesor en función de la altitud y tan sólo nos limitaremos a expresar los valores máximos observados en la estación de Sol y Nieve a las altitudes de 3.470 m.; 2.700 m. y 2.100 m. que fueron 395 cm.; 410 cm. y 130 cm. respectivamente, y en la estación completa de Granada a 690 m. de altura y en el período común de 1966-1979 no se observó capa de nieve.

SOBRECARGAS DE NIEVE SOBRE UNA SUPERFICIE HORIZONTAL

2. — ESTIMACION DE LAS SOBRECARGAS DE NIEVE

La determinación de la sobrecarga de nieve sobre una superficie horizontal se define en la Norma MV 101-1962 (Administración General de Meteorología, Madrid 1963) como el peso de la nieve que en las condiciones más desfavorables puede acumularse sobre ella, aunque una mayor dificultad aún que el cálculo del espesor, puesto que nada que se haya observado previamente los valores de los espesores de nieve máximos, se han fijado para un período de retorno de 50 años y con las series de observación de espesor, la más completa sólo se extiende a nueve años, se nos aventuró determinar por ajuste de una función distribución de valores extremos, la de GUMBEL, por ejemplo, estos valores máximos, aunque el ajuste es sólo aceptable con los datos de Segura y San Juan y San Campoo, en los demás casos no nos da la suficiente garantía, ya que, que los datos de sobrecarga calculados y sobrecargas máximas observadas normales se correspondan con espesores máximos observados en un período de nueve años.

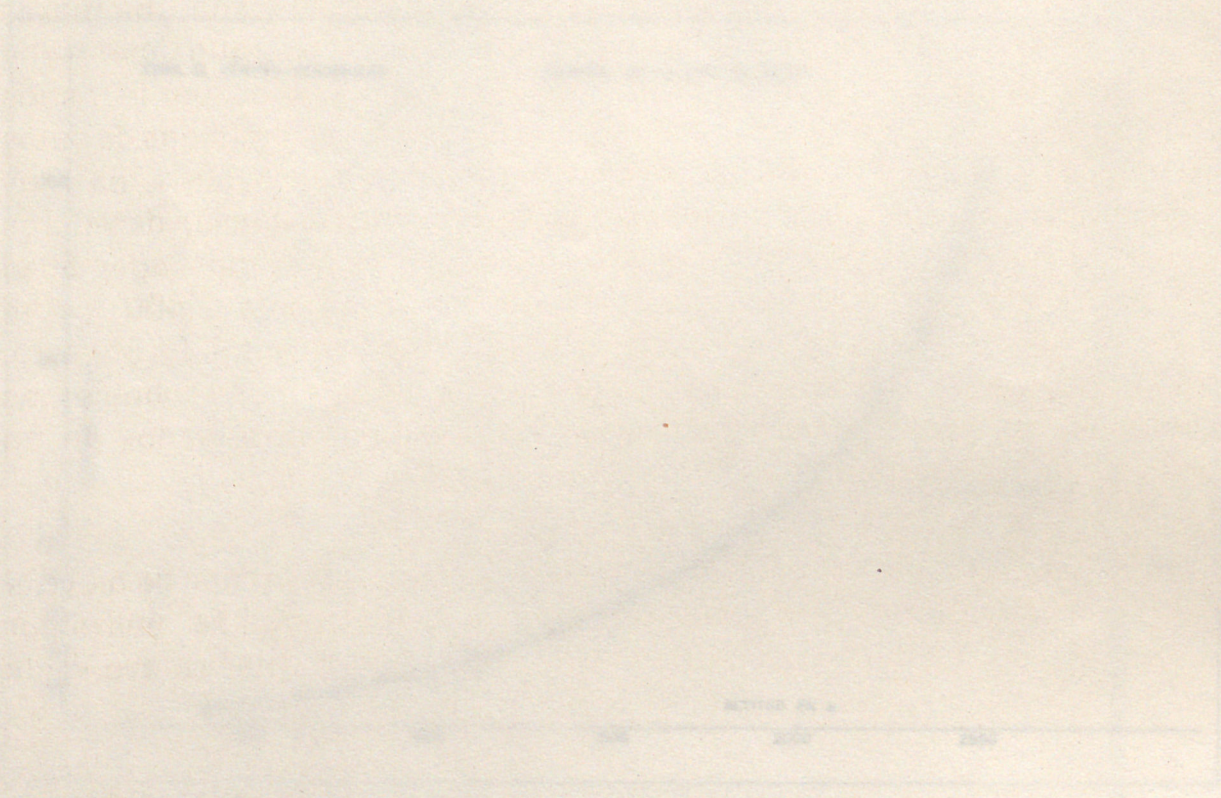
Por tanto una vez determinados los espesores de la capa de nieve el cálculo de las sobrecargas sobre una superficie horizontal se realiza por aplicación de la fórmula $s = \rho \cdot d$ donde s es la sobrecarga, ρ la densidad de la nieve, d la profundidad de la nieve y g la aceleración de la gravedad.

Si la estimación del espesor entraña serias dificultades, fijar un valor para la densidad de la nieve entraña una mayor dificultad, ya que esta característica física de la nieve depende de múltiples factores y no guarda en general una dependencia funcional con el espesor, y tampoco hay una unanimidad entre las opiniones de los diversos autores sobre este parámetro: así por ejemplo en la nieve recién caída se le asigna una densidad de 120 Kg/m³ en la Norma MV 101-1962 mientras que en el Anexo B de la Norma ISO 4355-1961 se le da un valor de 100 Kg/m³ y según medidas efectuadas en el Laboratorio de CHAMBOUSSE en nieve

capa de nieve es importante, sin embargo los datos con que contamos para su estudio son tan escasos que debemos renunciar a la obtención de la expresión de espesor en función de la altitud y tan sólo nos limitamos a expresar los valores máximos observados en la estación de Sol y Nieve a las alturas de 3.470 m., 2.700 m. y 2.100 m. que fueron 335 cm., 410 cm. y 130 cm. respectivamente, y en la estación completa de Granada a 690 m. de altura y en el período común de 1966-1979 no se observó capa de nieve.

Altura (m)	Estación	Valor (cm)
3.470	Estación de Sol y Nieve	335
2.700	Estación de Sol y Nieve	410
2.100	Estación de Sol y Nieve	130
690	Estación completa de Granada	690

$H = 1403,2306 - 0,00015 \cdot A + 0,00015 \cdot B$
 $H = 1403,2306 - 0,00015 \cdot A + 0,00015 \cdot B$
 $H = 1403,2306 - 0,00015 \cdot A + 0,00015 \cdot B$



El tipo de nieve que se forma en la zona de la Sierra de Guadalete...

IV. ESTIMACION DE SOBRECARGAS DE NIEVE SOBRE UNA SUPERFICIE HORIZONTAL

2.— ESTIMACION DE LAS SOBRECARGAS DE NIEVE

La determinación de la sobrecarga de nieve sobre una superficie horizontal se define en la Norma MV 101-1962 (Ministerio de la Vivienda, Madrid 1963) como el peso de la nieve que en las condiciones climatológicas más desfavorables puede acumularse sobre ella, entraña una mayor dificultad aún, que el cálculo del espesor, puesto que había que determinar previamente los valores de los espesores de nieve máximos, por lo menos para un período de retorno de 50 años y con las series tan limitadas de datos de espesor, la más completa sólo se extiende a nueve años, es muy aventurado determinar por ajuste de una función de distribución de valores extremos, la de GUMBEL por ejemplo, estos valores máximos, además el ajuste es sólo aceptable con los datos de Baqueira cota 2.500 y Alto Campoo, en los demás casos no nos da la suficiente garantía. Es por esto, que los datos de sobrecarga calculados y que llamaremos «sobrecargas normales» se corresponden con espesores máximos observados en un período de nueve años.

Por tanto una vez determinados los espesores de la capa de nieve el cálculo de las sobrecargas sobre una superficie horizontal se realiza por aplicación de la fórmula $s = \rho g d$ donde « ρ » es la densidad de la nieve, « g » la aceleración de la gravedad y « d » el espesor.

Si la estimación del espesor entrañaba serias dificultades, el fijar un valor para la densidad de la nieve entraña aún una mayor dificultad, ya que esta característica física de la misma depende de múltiples factores y no guarda en general una dependencia funcional con el espesor, y tampoco hay una unanimidad entre las opiniones de los diversos autores sobre este parámetro; así por ejemplo en la nieve recién caída se le asigna una densidad de 120 Kg/m^3 en la Norma MV 101-1962 mientras que en el Anexo B de la Norma ISO 4355-1981 se le da un valor de 100 Kg/m^3 y según medidas efectuadas en el Laboratorio de CHAMROUSSE en nieve

recién caída se obtuvieron valores entre 90 y 180 Kg/m³, y por otra parte la influencia del viento actúa como fuerte condicionamiento de forma que la densidad de la nieve venteada variaba de 140 a 290 Kg/m³.

Asimismo, en el transcurso del invierno la nieve sufre una serie de metamorfosis debido a la presión ejercida por las sucesivas capas que se van acumulando de manera que la densidad media va aumentando hasta alcanzar valores de 450 Kg/m³ en la época del deshielo (L. Rey «La nieve su metamorfosis: Los aludes. Cap. 2).

En el caso de la Zona Norte-Atlántica los espesores máximos se han observado generalmente a mediados de marzo por lo que siguiendo el criterio de L. Rey deducido de medidas efectuadas en el Laboratorio de Col de Porte a 1.325 m. de altitud, de densidades medias del manto nivoso en 7 inviernos asignaremos un valor medio de 326 Kg/m³ a la densidad de la capa de nieve en altitudes superiores a los 1.500 m.

Para altitudes comprendidas entre 1.000 m. y 1.500 m. y dado que no se observa un manto nivoso continuamente mantenido de diciembre a mediados de marzo asignaremos un valor medio para la densidad de la nieve de 2665 Kg/m³ que sería el correspondiente a una capa de nieve desde primeros de diciembre hasta la primera decena de febrero.

Entre los 800 m. y 1.000 m. y siguiendo los criterios contenidos en el Anexo B de las Normas ISO-4355-1981 se asigna a la densidad de la nieve 200 Kg/m², valor este que coincide con el especificado para nieve prensada en la norma española.

Para el intervalo de altitudes inferiores a los 800 m., se toma el valor de 150 Kg/m³, ya que por debajo de los 800 m. la nieve en general es escasa tanto en el Cantábrico, Pirineo y Sistema Ibérico y Central y es un fenómeno que se puede calificar de raro en el resto del país. Es el valor de densidad asignada a la nieve fresca venteada. El número medio de días de nieve se puede ver en la primera parte de este trabajo «Notas para la Climatología de nieve en España».

Todas estas consideraciones encaminadas a fijar un valor para la densidad de nieve son extensibles para el resto de las zonas a excepción de las limitadas regiones de altitudes superiores a los 3.000 m. donde únicamente se puede hablar en nuestro país de nieves perpetuas y cuya densidad puede ser superior a los 450 Kg/m³.

2.1.— *Estimación de la sobrecarga de nieve en la zona I, Norte-Atlántica*

Siguiendo pues los criterios propuestos en el apartado anterior se va a determinar la sobrecarga normal de nieve en la zona I Región Norte-

Atlántica, los resultados obtenidos se comparan con los correspondientes dados por la fórmula francesa para la región II de aquel país y por la norma española de 1963. La norma francesa es una fórmula lineal para cada uno de los intervalos de altitud siguientes:

$$200 \leq H < 500 \quad S = 45 + \frac{H-200}{10}$$

$$500 \leq H < 1.500 \quad S = 75 + \frac{H-500}{4}$$

$$1.500 \leq H < 2.000 \quad S = 325 + \frac{H-1.500}{2,5}$$

Para altitudes superiores a los 2.000 m. no da valor alguno y especifica que las sobrecargas pueden ser muy superiores a las obtenidas por aplicación de la fórmula lineal.

Como la expresión del espesor de nieve en la zona I era $d \text{ (cm)} = 7,7796 \times 1,0017^H$, el valor de la sobrecarga normal de nieve será $s = \rho g d = \rho g (7,7796 \times 1,0017^H)$ que tomará las siguientes formas según las densidades asignadas para cada intervalo de altitud.

$$H \geq 1.500 \quad \rho = 326 \text{ Kg/m}^3$$

$$s = 24,8542 \times 1,0017^H \text{ DN/m}^2$$

$$1.000 \leq H < 1.500 \quad \rho = 266 \text{ Kg/m}^3$$

$$s = 20,2798 \times 1,0017^H \text{ DN/m}^2$$

$$800 \leq H < 1.000 \quad \rho = 200 \text{ Kg/m}^3$$

$$s = 15,2480 \times 1,0017^H \text{ DN/m}^2$$

$$H < 800 \quad \rho = 150 \text{ Kg/m}^3$$

$$s = 11,4360 \times 1,0017^H \text{ DN/m}^2$$

CUADRO

Altitud (m)	Sobrecarga (DN/m ²)		Sobrecarga Kg/m ² Norma Española
	Form. Propuesta	Form. Francesa	
2.800	2.889	—	280
2.600	2.057	—	260
2.400	1.465	—	240
2.200	1.042	—	220
2.000	743	525	200
2.000	626	485	190
1.800	528	445	180

CUADRO (Continuación)

Altitud (m)	Sobrecarga (DN/m ²)		Sobrecarga Kg/m ² Norma Española
	Form. Propuesta	Form. Francesa	
1.700	446	405	170
1.600	376	365	160
1.500	318	325	150
1.400	219	300	140
1.300	185	275	130
1.200	156	250	120
1.100	181	225	110
1.000	111	200	100
900	70	175	100
800	59	150	80
700	50	125	80
600	32	100	60
500	27	75	60
400	23	65	50
200	16	45	40

*Los valores de sobrecarga vienen expresados en deca newton por metro cuadrado [1 DN/m² equivale a 1,02 Kg/m²]

Las sobrecargas obtenidas para una altitud de 1.500 son del mismo orden que las dadas por la fórmula francesa y el doble de las fijadas en la norma española, como es lógico y por tratarse de una función exponencial crecen más deprisa que los otros y estos valores son congruentes con la climatología de la zona en que por estar sometida a la influencia de las borrascas atlánticas, las precipitaciones son importantes y aumentan con la altitud, estamos en la llamada España húmeda, donde las lluvias anuales superan los 800 mm. y en las zonas montañosas hay núcleos superiores a 2.000 mm. de precipitación anual, por otra parte por debajo de los 1.500 m. aunque las precipitaciones siguen siendo abundantes el clima es más cálido y por debajo de los 600 m. de altitud es difícil el fenómeno de la nieve, los valores que figuran en la tabla son inferiores a los obtenidos por otros procedimientos, pero nos parecen más reales, si bien es cierto que se trata de sobrecargas normales y no máximas.

2.2.— *Estimación de la sobrecarga de nieve en la Zona II Norte Mediterránea*

Paralelamente al procedimiento seguido en la Zona Norte Atlántica y en base a la fórmula de espesores obtenida para esta zona d (cm) = $21,6088 \times 1,0011^H$ tenemos:

$$H \geq 1.500 \quad \rho = 326 \text{ Kg/m}^3$$

$$s = 69,0357 \times 1,0011^H \text{ DN/m}^2$$

$$1.000 \leq H < 1.500 \quad \rho = 266 \text{ Kg/m}^3$$

$$s = 56,3298 \times 1,0011^H \text{ DN/m}^2$$

$$800 \leq H < 1.000 \quad \rho = 200 \text{ Kg/m}^3$$

$$s = 42,3532 \times 1,0011^H \text{ DN/m}^2$$

$$H < 800 \quad \rho = 150 \text{ Kg/m}^3$$

$$s = 31,7649 \times 1,0011^H \text{ DN/m}^2.$$

CUADRO

Altitud (m)	Sobrecarga (DN/m ²)		Sobrecarga Kg/m ² Norma Española
	Form. Propuesta	Form. Francesa	
2.800	1.499	—	280
2.600	1.203	—	260
2.400	966	—	240
2.200	775	—	220
2.000	622	525	200
1.900	558	485	190
1.800	499	445	180
1.700	447	405	170
1.600	401	365	160
1.500	359	325	150
1.400	263	300	140
1.300	235	275	130
1.200	211	250	120
1.100	189	225	120
1.000	169	200	100
900	114	175	100
800	102	150	80
700	69	125	80
600	61	100	60
500	55	75	60
400	49	65	50
200	40	45	40

El Clima en la región Norte Mediterránea se caracteriza por inviernos más fríos que en la vertiente Norte Atlántica, aunque menos lluviosos. Entre los 1.200 y 900 m. los valores obtenidos con la fórmula propuesta son parecidos a los empleados por aplicación de la fórmula lineal francesa y por debajo de los 1.200 m. los valores que da nuestra expresión son inferiores a aquélla, resultado coherente puesto que las precipitaciones en esta región de nuestro país son mas bien escasas en invierno.

2.3.— Estimación de la sobrecarga de nieve en la zona III

La fórmula obtenida para el espesor de la capa de nieve en la zona III Centro Peninsular era $d = 7,4113 \times 1,0015^H$ de manera que considerando los mismos valores de densidad de nieve en los mismos intervalos de altitudes se obtienen las siguientes expresiones que nos dan los valores de la sobrecarga normal de nieve.

$$H \geq 1.500 = \rho = 326 \text{ Kg/m}^3$$

$$s = 23,6776 \times 1,0015^H \text{ DN/m}^2$$

$$1.000 \leq H < 1.500 \quad \rho = 266 \text{ Kg/m}^3$$

$$s = 19,3197 \times 1,0015^H \text{ DN/m}^2$$

$$800 \leq H < 1.000 \quad \rho = 200 \text{ Kg/m}^3$$

$$s = 14,5261 \times 1,0015^H \text{ DN/m}^2$$

$$H < 800 \quad \rho = 150 \text{ Kg/m}^3$$

$$s = 10,8946 \times 1,0015^H \text{ DN/m}^2$$

CUADRO

Altitud (m)	Sobrecarga (DN/m ²)		Sobrecarga Kg/m ² Norma Española
	Form. Propuesta	Form. Francesa	
2.800	1.574	—	280
2.600	1.166	—	260
2.400	864	—	240
2.200	640	—	220
2.000	475	525	200
1.900	408	485	190
1.800	352	445	180
1.700	303	405	170
1.600	261	365	160
1.500	224	325	150
1.400	158	300	140
1.300	136	275	130
1.200	117	250	120
1.100	100	225	110
1.000	86	200	100
900	56	175	100
800	48	150	80
700	31	125	80
600	27	100	60
500	23	75	60
400	20	65	50
200	15	45	40

Los valores obtenidos en la norma propuesta son ligeramente inferiores en el intervalo entre los 2.000 y 1.800 m. que los de la norma francesa, y sensiblemente inferiores en el resto de los intervalos de altitud. Entre los 1.400 m. y los 1.000 son del mismo orden que los dados por la reglamentación española y por debajo de los 1.000 m. inferiores pero sin embargo nos parecen más reales tratándose de sobrecargas normales, y de acuerdo con las características climáticas de la zona, en la que los inviernos son secos y fríos y la mayor parte de la precipitación del año tiene lugar en las estaciones de primavera y otoño.

2.4.— Sobrecarga de nieve en la zona IV

En el sur de la península únicamente se comentó la importancia de

la capa de nieve en la cordillera Penibética en donde nos limitamos a dar los valores más altos del espesor de nieve en la reducida serie de datos disponibles y puesto que no se obtenía fórmula alguna únicamente, diremos que para altitudes superiores a los 3.000 m. se debe tomar valores de densidad entorno a los 400 Kg/m³ para el cálculo de sobrecargas y cuyo valor puede ser del orden de 1.600 DN/m² y utilizar para altitudes inferiores la expresión obtenida para la zona III, teniendo en cuenta que por debajo de los 1.000 m. de altitud el fenómeno de la nevada no tiene importancia alguna y no llega a formarse capa de nieve.

2.— SOBRECARGA DE NIEVE MÁXIMA

Las sobrecargas de nieve denominadas normales, han sido estimadas en base a un conjunto de datos correspondientes a series de espesores, moderadamente cortas e incompletas, las más largas contaban con una serie de nueve términos.

Para realizar una estimación adecuada de sobrecargas máximas habría que partir de series de observación más largas, no obstante y con las cuatro series de datos máximos de las estaciones de Baqueira, Alto Campoo, Super-Espot y Candanchú, se ha tratado de desarrollar un ajuste de la función de distribución de valores de extremos de GUMBEL que tiene la forma $F(x) = \exp. [- \exp. (-y)]$ donde

$$y = \frac{x-a}{b} \quad \text{siendo} \quad b = \frac{\sigma}{\sigma_N} \quad a = \bar{X} - \sigma \frac{Y_N}{\sigma_N}$$

\bar{X} y σ son la media y la desviación típica de la serie de espesores máximos anuales y Y_N , σ_N son dos parámetros que dependen del número de datos de la serie.

Las frecuencias empíricas de los términos de las series de espesores máximos se han calculado por la fórmula:

$$F = \frac{2n-1}{2N}$$

Para valorar el grado de ajuste de cada una de las series se han llevado las parejas formadas por los valores extremos anuales observados y el logaritmo de su frecuencia empírica correspondiente a un diagrama semilogarítmico.

El ajuste es tanto más perfecto en cuanto se dispongan los puntos en una recta puesto que si en la expresión $F(x) = \exp. [- \exp. (-y)]$ tomamos logaritmos, se obtiene:

la capa de nieve en la cordillera Penibética en donde los límites de datos disponibles y puesto que no se obtiene alguna fórmula única para determinar que para altitudes superiores a los 3.000 m. se debe tomar valores de densidad entorno a los 400 Kg/m³ para el cálculo de sobrecargas y cuyo valor puede ser del orden de 1.600 DN/m² y utilizar para altitudes inferiores la expresión obtenida para la zona III, teniendo en cuenta que por debajo de los 1.000 m. de altitud el fenómeno de la nevada no tiene importancia alguna y no llega a formarse capa de nieve.

Tabla 2

Altitud (m)	Sobrecarga (DN/m ²)		Sobrecarga Kg/m ² Norma Española
	Fórm. Propuesta	Fórm. Francesa	
3.000	1.674	—	280
2.900	1.101	—	280
2.800	804	—	240
2.700	640	—	220
2.600	478	525	200
2.500	408	485	190
2.400	352	445	180
2.300	302	405	170
2.200	281	365	160
2.100	224	325	150
2.000	158	300	140
1.900	138	275	130
1.800	117	250	120
1.700	100	225	110
1.600	86	200	100
1.500	58	175	100
1.400	48	150	80
1.300	31	125	60
1.200	27	100	40
1.100	23	75	40
1.000	20	55	30
900	18	48	25

Los valores obtenidos en la norma propuesta son los más inferiores en el intervalo entre los 2.000 y 1.800 m. que los de la norma francesa y sensiblemente inferiores en el resto de los intervalos. Entre los 1.400 m. y los 1.000 m. son del mismo orden que los de la normativa española y por debajo de los 1.000 m. inferiores que los de la normativa española. Sin embargo nos parecen más reales al tratarse de sobrecargas normales de nieve en la zona de la cordillera Penibética, en la que los inviernos son secos y fríos y la mayor parte de la precipitación cae en las estaciones de primavera y otoño.

2.4. Sobrecarga de nieve en la zona IV

En el sur de la península únicamente se encuentran las nevadas de

APENDICE

SOBRECARGAS MAXIMAS DE NIEVE

2.— SOBRECARGA DE NIEVE MAXIMA

Las sobrecargas de nieve denominadas normales, han sido estimadas en base a un conjunto de datos correspondientes a series de espesores, moderadamente cortas e incompletas, las más largas contaban con una serie de nueve términos.

Para realizar una estimación adecuada de sobrecargas máximas habría que partir de series de observación más largas, no obstante y con las cuatro series de datos máximos de las estaciones de Baqueira, Alto Campoo, Super-Espot y Candanchú, se ha tratado de desarrollar un ajuste de la función de distribución de valores de extremos de GUMBEL que tiene la forma $F(x) = \exp. [- \exp (-y)]$ donde

$$y = \frac{x-a}{b} \quad \text{siendo} \quad b = \frac{\sigma}{\sigma_N} \quad a = \bar{X} - \sigma \frac{\bar{Y}_N}{\sigma_N};$$

\bar{X} y σ son la media y la desviación típica de la serie de espesores máximos anuales y \bar{Y}_N , σ_N son dos parámetros que dependen del número de datos de la serie.

Las frecuencias empíricas de los términos de las series de espesores máximos se han calculado por la fórmula:

$$F_i = \frac{2n-1}{2N}$$

Para valorar el grado de ajuste de cada una de las series se han llevado las parejas formadas por los valores extremos anuales observados y el logaritmo de su frecuencia empírica correspondiente a un diagrama semilogarítmico.

El ajuste es tanto más perfecto en cuanto se dispongan los puntos en una recta puesto que si en la expresión $F(x) = e^{-e^{-y}}$ tomamos logaritmos; se obtiene:

$x = -b [\ln (-\ln F(x))] + a$; que es una expresión lineal.

A la vista de los gráficos se ve que la serie de Super-Espot es la que peor se ajusta, mientras que en las otras el ajuste es bastante aceptable.

En resumen como este método no se podía aplicar al conjunto de series empleadas, no ha sido posible calcular o mejor estimar los espesores extremos para las distintas regiones y sólo cuando se dispongan de series lo suficientemente largas, el método será aplicable por lo que si se desean estimar valores de sobrecargas de nieve máximas puede utilizarse a partir del valor normal obtenido multiplicándolo por 5/3 que es una estima generalmente admitida.

ALTO CAMPOO

SERIE CRONOLOGICA	SERIE ORDENADA	$f_i = \frac{2n-1}{2N}$	1-F(x)	-lnfi
Año				
1974-75 200	1 210	0,0625	0,1258	2,7726
1975-76 210	2 200	0,1875	0,1548	1,6740
1976-77 130	3 150	0,3125	0,4028	1,1632
1977-78 150	4 150	0,4375	0,4028	0,8267
1978-79 150	5 130	0,5625	0,5537	0,5754
1979-80 100	6 120	0,6875	0,6356	0,3747
1980-81 120	7 100	0,8125	0,7940	0,2076
1981-82 80	8 80	0,9375	0,9157	0,0645

$$\bar{X} = 142,50 \quad \sigma = 42,35 \quad N = 8 \quad \bar{Y}_N = 0,4952 \quad \sigma_N = 0,9497$$

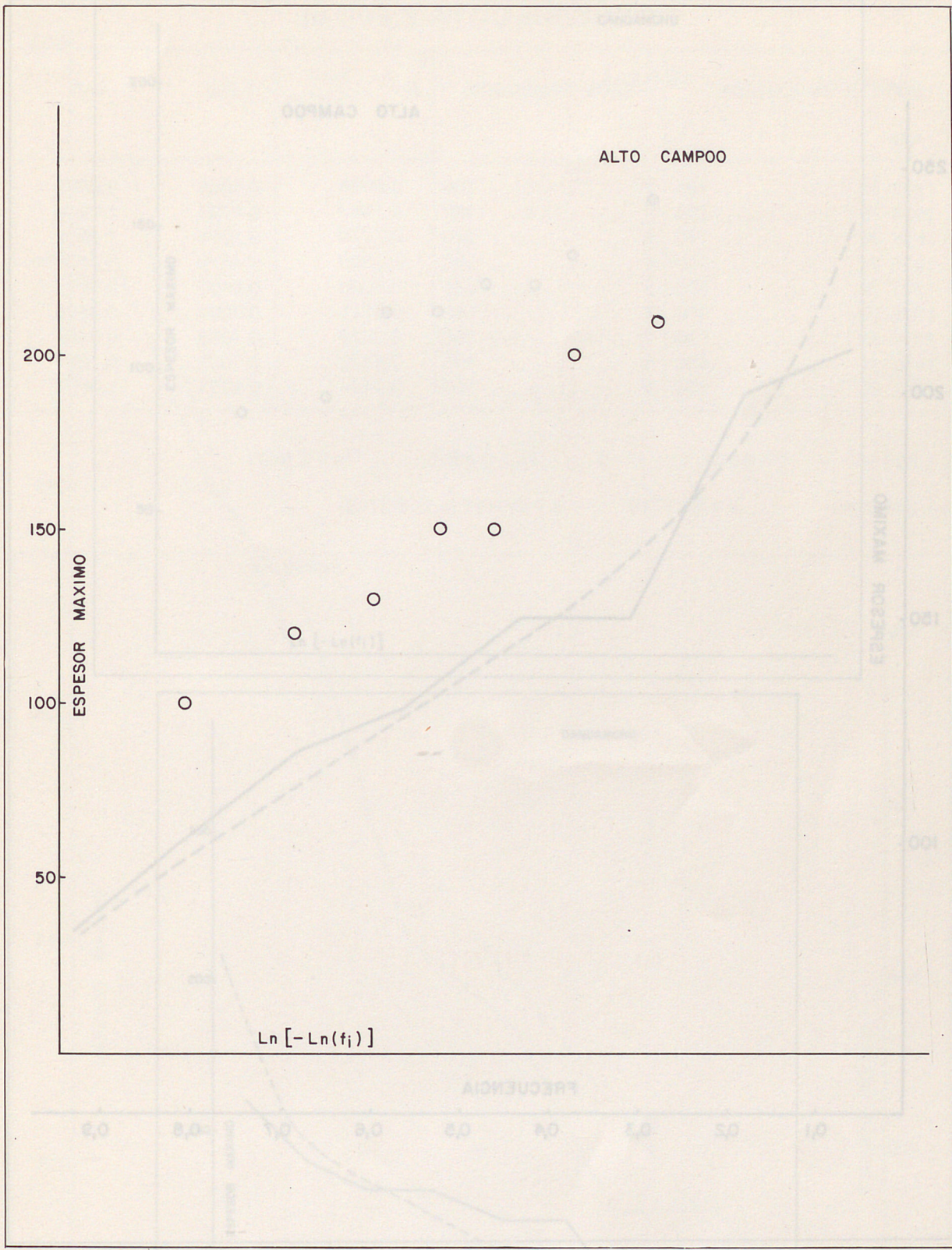
$$a = 120,4175 \quad b = 44,5930 \quad y = 0,0224 (x-120,4175)$$

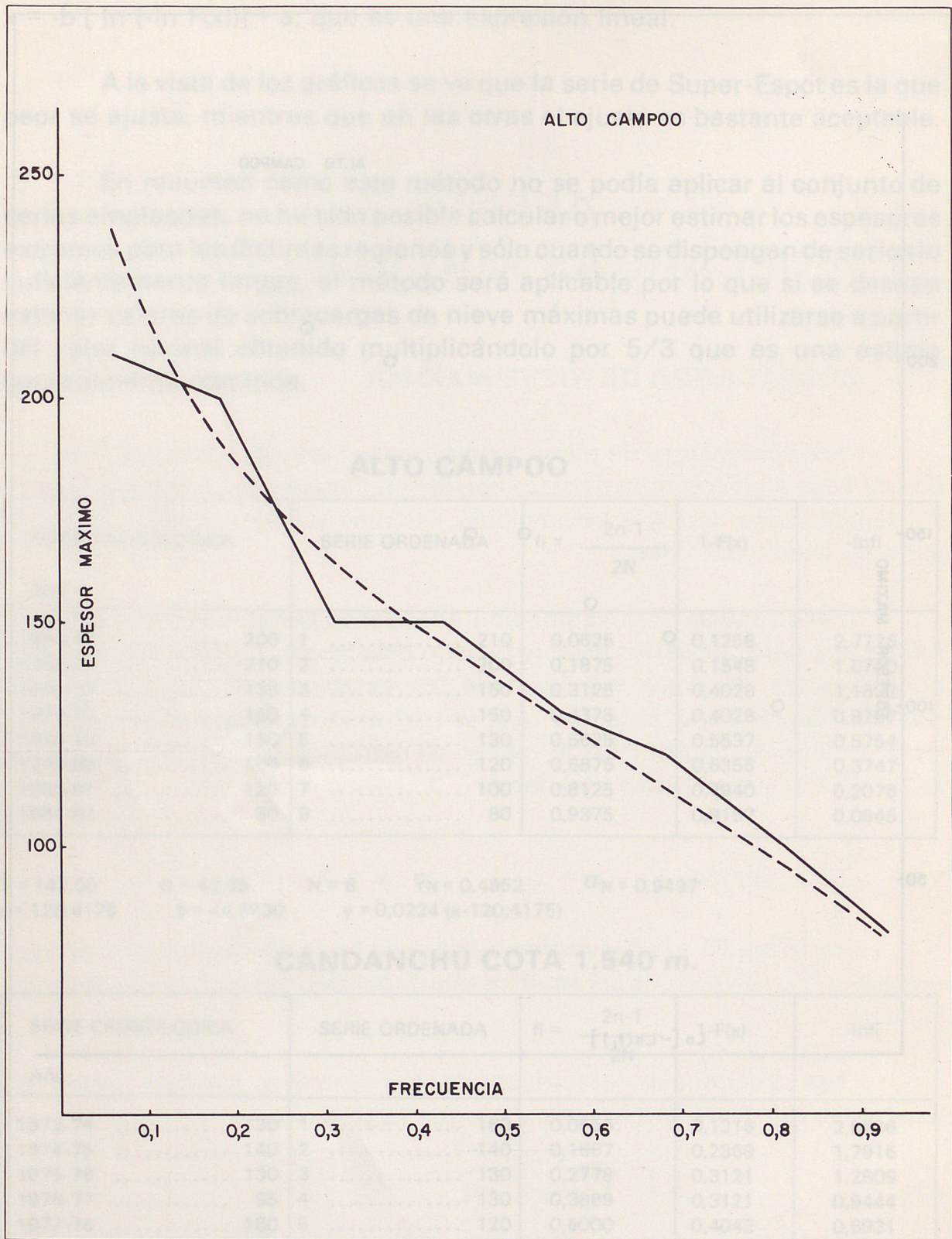
CANDANCHU COTA 1.540 m.

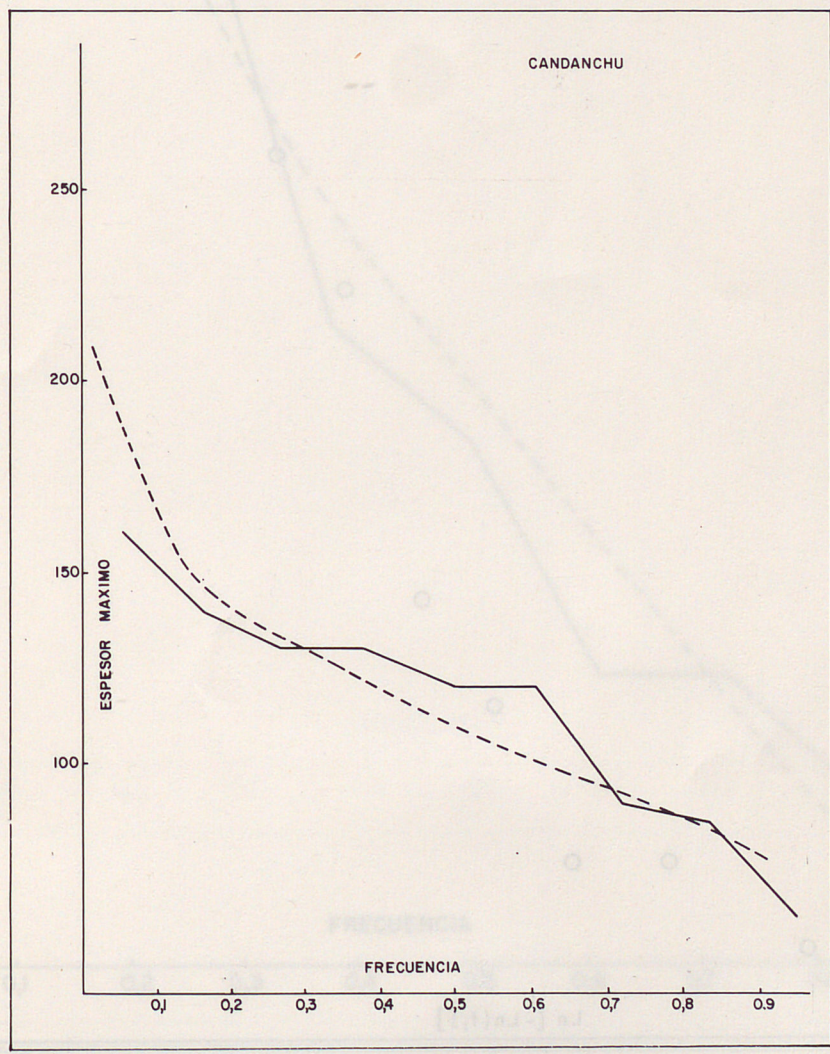
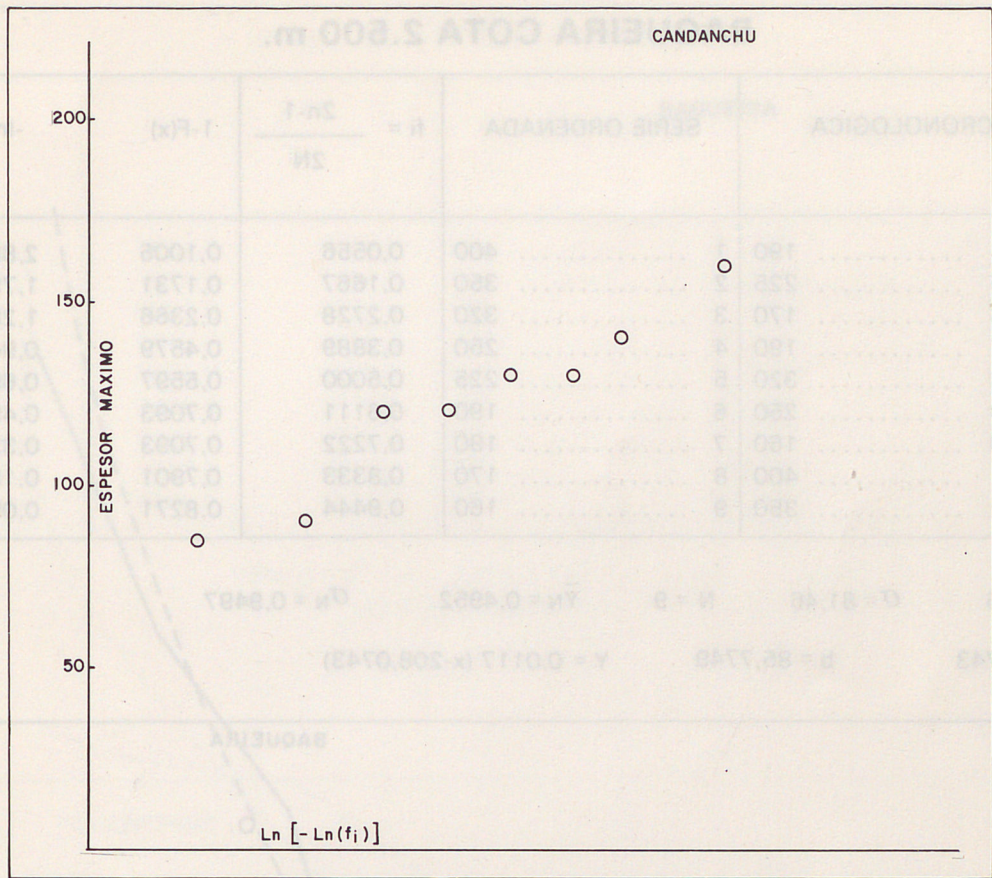
SERIE CRONOLOGICA	SERIE ORDENADA	$f_i = \frac{2n-1}{2N}$	1-F(x)	-lnfi
Año				
1973-74 130	1 160	0,0556	0,1316	2,8896
1974-75 140	2 140	0,1667	0,2369	1,7916
1975-76 130	3 130	0,2778	0,3121	1,2809
1976-77 85	4 130	0,3889	0,3121	0,9444
1977-78 160	5 120	0,5000	0,4042	0,6931
1978-79 120	6 120	0,6111	0,4042	0,4925
1979-80 40	7 90	0,7222	0,7466	0,3255
1980-81 120	8 85	0,8333	0,8011	0,1824
1981-82 90	9 60	0,9444	0,9737	0,0572

$$\bar{X} = 115,00 \quad \sigma = 29,2499 \quad N = 9 \quad \bar{Y}_N = 0,4952 \quad \sigma_N = 0,9497$$

$$a = 99,7483 \quad b = 30,7991 \quad Y = 0,0325 (x-99,7483)$$





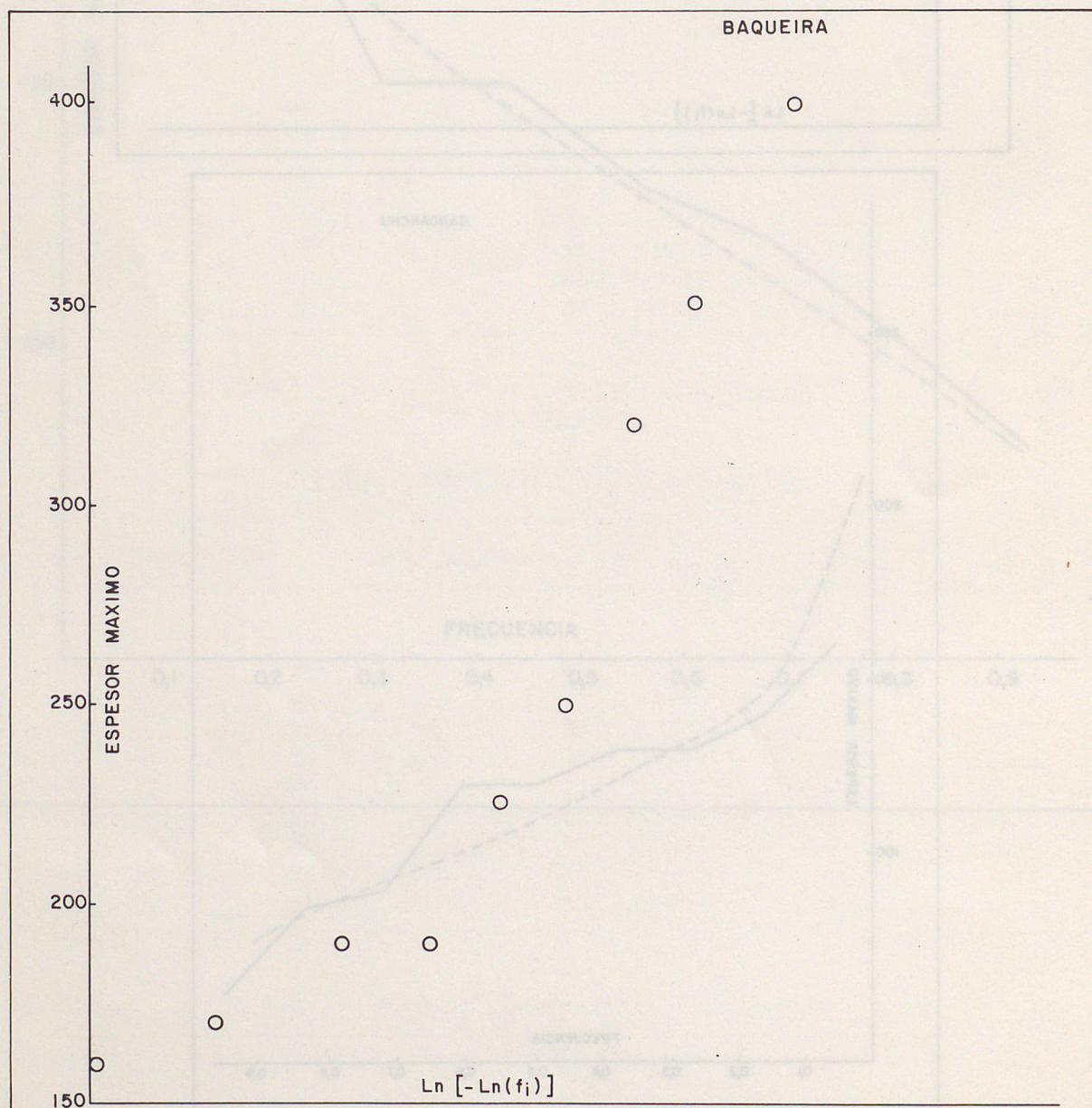


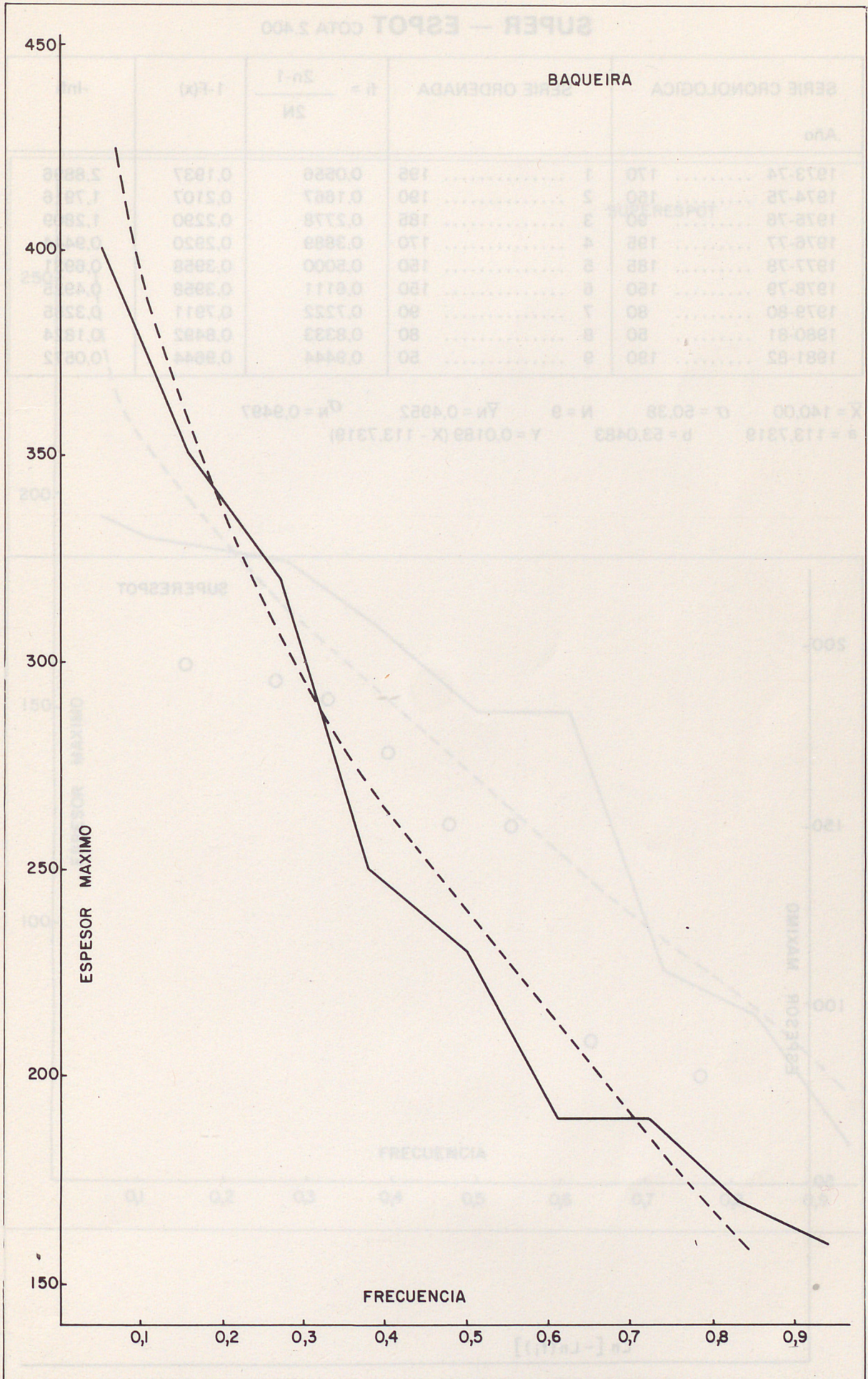
BAQUEIRA COTA 2.500 m.

SERIE CRONOLOGICA			SERIE ORDENADA	$f_i = \frac{2n-1}{2N}$	1-F(x)	-lnfi
Año						
1973-74	190	1	400	0,0556	0,1005	2,8896
1974-75	225	2	350	0,1667	0,1731	1,7916
1975-76	170	3	320	0,2728	0,2366	1,2809
1976-77	190	4	250	0,3889	0,4579	0,9444
1977-78	320	5	225	0,5000	0,5597	0,6931
1978-79	250	6	190	0,6111	0,7093	0,4925
1979-80	160	7	190	0,7222	0,7093	0,3255
1980-81	400	8	170	0,8333	0,7901	0,1824
1981-82	350	9	160	0,9444	0,8271	0,0572

$\bar{X} = 250,55$ $\sigma = 81,46$ $N = 9$ $\bar{Y}_N = 0,4952$ $\sigma_N = 0,9497$

$a = 208,0743$ $b = 85,7749$ $Y = 0,0117 (x-208,0743)$

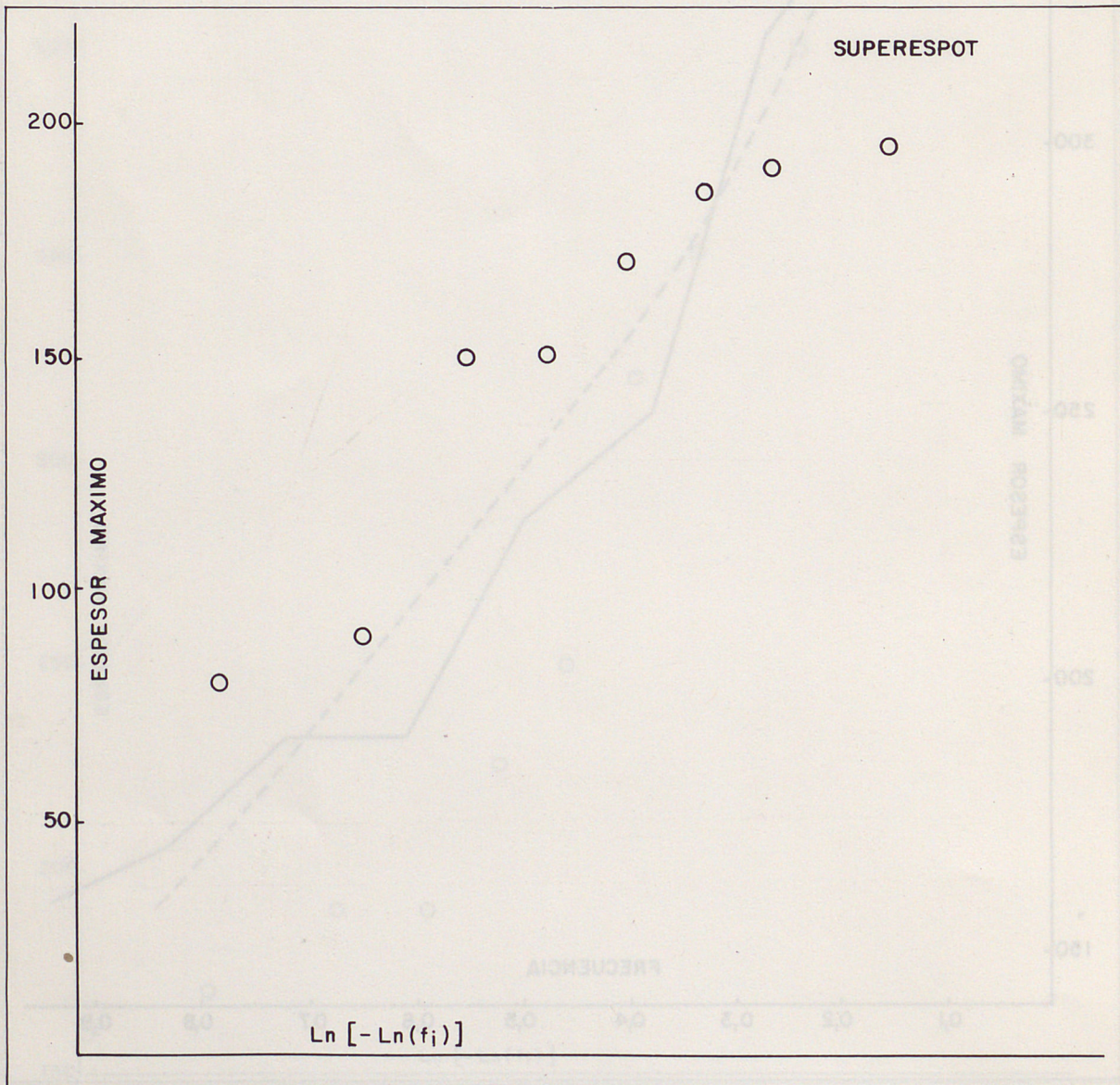




SUPER — ESPOT COTA 2.400

SERIE CRONOLOGICA	SERIE ORDENADA	$f_i = \frac{2n-1}{2N}$	1-F(x)	-lnfi
Año				
1973-74 170	1 195	0,0556	0,1937	2,8896
1974-75 150	2 190	0,1667	0,2107	1,7916
1975-76 90	3 185	0,2778	0,2290	1,2809
1976-77 195	4 170	0,3889	0,2920	0,9444
1977-78 185	5 150	0,5000	0,3958	0,6931
1978-79 150	6 150	0,6111	0,3958	0,4925
1979-80 80	7 90	0,7222	0,7911	0,3255
1980-81 50	8 80	0,8333	0,8492	0,1824
1981-82 190	9 50	0,9444	0,9644	0,0572

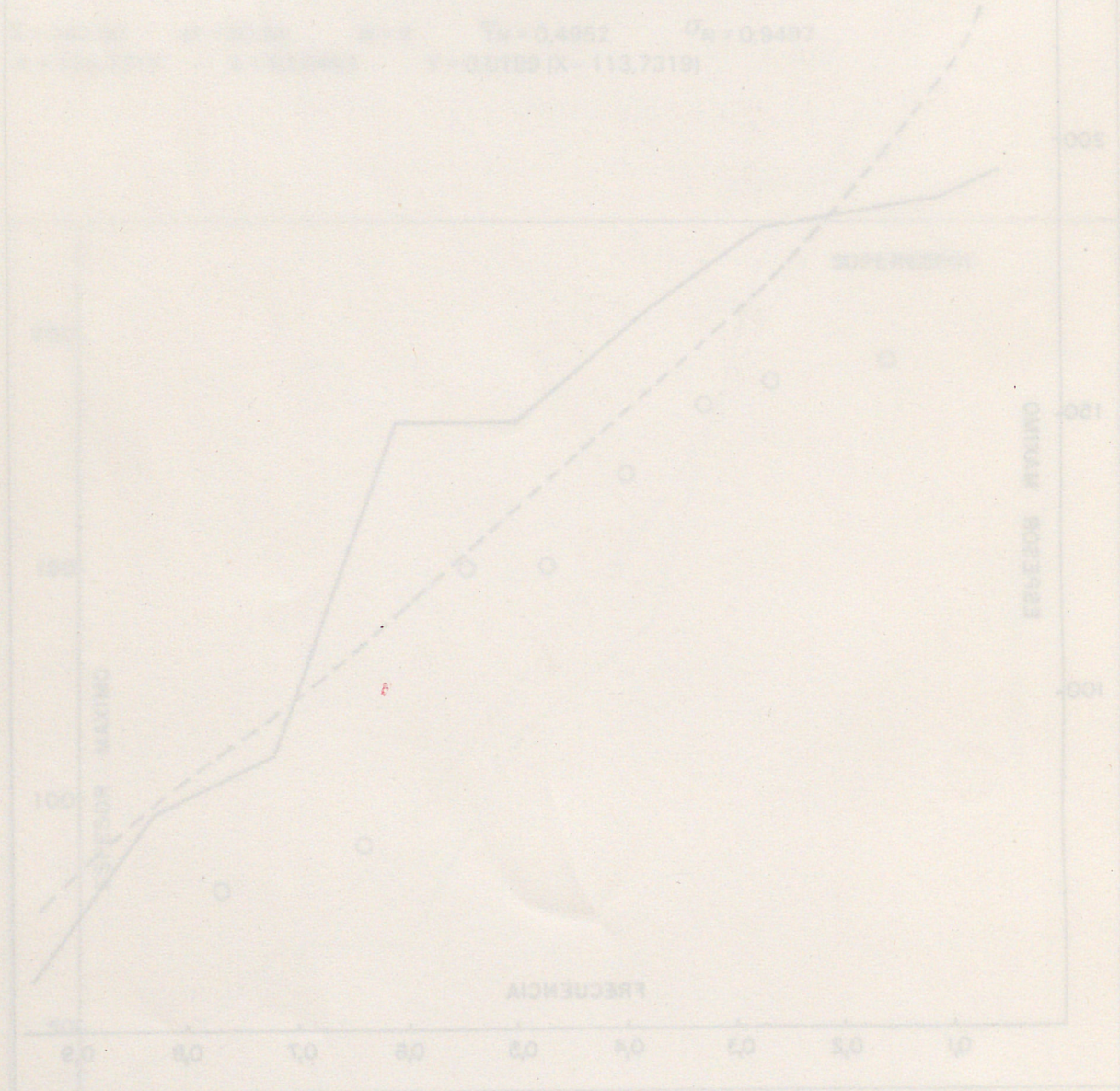
$\bar{X} = 140,00$ $\sigma = 50,38$ $N = 9$ $\bar{Y}_N = 0,4952$ $\sigma_N = 0,9497$
 $a = 113,7319$ $b = 53,0483$ $Y = 0,0189 (X - 113,7319)$





SUPER - ESPOT (1973-74)

SERIE CRONOLÓGICA	SERIE ORDENADA	$\frac{V-1}{N}$	V	V	V
Año		$\frac{V-1}{N}$	V	V	V
1973-74	170	1	102	0.0058	0.1937
1974-75	150	2	150	0.0133	0.2107
1975-76	130	3	108	0.0215	0.2290
1976-77	110	4	110	0.0309	0.2920
1977-78	90	5	160	0.0400	0.3958
1978-79	70	6	150	0.0511	0.3958
1979-80	50	7	90	0.0722	0.7911
1980-81	30	8	80	0.8333	0.8492
1981-82	10	9	50	0.9444	0.9644



$G_n [-L_n(t)]$

Dep. Leg.: M-42.012-1984
I.S.B.N.: 84-505-0676-X

Imprime Gráficas Monterreina, S. A.



SECRETARIA GENERAL TECNICA
SERVICIO DE PUBLICACIONES