

LOS VIENTOS DEL 25 DE MARZO DE 1989 COMO EJEMPLO DE LA APLICACION DEL S.A.I.D.A.S. A LA UTILIZACION METEOROLOGICA DE IMAGENES DE SATELITE

José Miguel Fernández Serdán
Marcelino Manso Rejón

1. INTRODUCCION

Los Vectores Desplazamientos Nubosos (V.D.N.), obtenidos a partir de imágenes sucesivas de los satélites meteorológicos geoestacionarios, constituye una de las más antiguas e interesantes aplicaciones de éstos. Proporcionan a los análisis información de vientos en zonas poco o mal cubiertas por la red convencional de observaciones en altura, aunque con evidentes limitaciones —presencia de ciertos tipos de nubes, un solo nivel. Hoy se pueden calcular en forma bastante general y automática recurriendo especialmente a algoritmos estadísticos y de reconocimiento de formas. La complejidad y diversidad del problema requiere en cualquier caso la intervención humana, proceso interactivo característico del ambiente S.A.I.-D.A.S. frase. El presente trabajo pretende mostrar la posibilidad de calcular en esas circunstancias y para dos períodos horarios interesantes — 6 a 12 horas — un número importante de vientos fiables especialmente sobre el mar. A la vez, se estudian distintas posibilidades y técnicas del procedimiento.

2. DESCRIPCION DEL PROCESO V.D.N. EN EL S.A.I.D.A.S.

El esquema resume la organización general del procedimiento así como las estructuras de datos utilizadas y las principales instrucciones SAIDAS que ejecutan cada paso (algunos pasos requieren una explicación adicional que se dará a continuación):

2.1. **Búsqueda automática de trazadores:** Se requiere que, dentro de una caja de tamaño elegido:

- Se alcance, no en el borde, un gradiente suficiente.
- Los brillos estén comprendidos entre dos umbrales.

2.2 **Asignación automática de alturas:**

- Clasificación de brillos en el cursor que a continuación se suaviza.
- Determinación de la clase más fría no aislada y que contenga al menos 1/60 (IR) ó 1/20 (WV) de los pixels; la cantidad mínima se reduce varias veces si no se encuentra esa clase y finalmente habrá un error de altura.
- La correspondiente temperatura de brillo se busca por interpolación en un perfil supuesto de temperaturas, interpolado a su vez a la posición del trazador a partir del campo previsto de temperaturas o de una atmósfera estándar.
- El nivel encontrado se asigna al tope nuboso; se conviene en que para nubes bajas el viento corresponde a un nivel más bajo que el del tope: se busca un «nivel de base».

2.3. Técnica de seguimiento por correlación:

- La «zona de búsqueda» (2.^a y 3.^a imágenes) es mayor que la caja del trazador en dos cantidades prefijadas (líneas y elementos).
- Se busca un máximo de correlación, independientemente de su valor, siendo posibles tres algoritmos de correlación:

a) Correlación sencilla:

$$LP_{pq} = \sum_j^L \sum_i^E (T_b(i+p-1, j+q-1) - T_t(i, j))^2$$

b) Normal euclídea:

$$EN_{pq} = \sum_j^L \sum_i^E (T_b - T_t)^2 - L * E * (\bar{T}_b(p, q) - \bar{T}_t)^2$$

c) Correlación cruzada:

$$CC_{pq} = \frac{\sum_j^L \sum_i^E (T_b - \bar{T}_b) * (T_t - \bar{T}_t)}{\sqrt{\sum_j^L \sum_i^E (T_b - \bar{T}_b)^2 * \sum_j^L \sum_i^E (T_t - \bar{T}_t)^2}}$$

- El error de correlación aparece cuando no se encuentra ésta, esto es, el máximo aparece en el borde de la zona de búsqueda.

2.4. Otras posibilidades:

- Al calcularse normalmente dos vientos sucesivos (con tres imágenes), su comparación sirve de control de calidad: automáticamente quedan etiquetados si las componentes sucesivas *u* y *v* difieren en más de QCU y QCV prefijados.
- En el proceso automático el mismo tipo de control se aplica a comparar el último viento calculado con el previsto. En el interactivo esto no existe, pero puede conocerse en pantalla el desplazamiento previsto del trazador (cursor). Si se va a trabajar sin correlación, a pixel único («manual»), no hay ningún tipo de control automático.

2.5. Procedimientos generales:

- Procedimiento automático, añadiendo una selección de trazadores y completando resultados por el proceso manual.
- Imágenes a 5 km de resolución y media hora de intervalo.
- IR prioritario al visible.
- Trazadores en cajas de 15 a 25 de lado, correlación cruzada, QCU, QCV de 5 m/s, zona de búsqueda incrementada en 15 ó 10, etc.

3. PERIODO DE LAS 6 HORAS

Disponemos de imágenes IR (5, 5.30, 6) y vapor de agua (5 y 5.30) y del modelo numérico del I.N.M. previsto a las 00 para +6. Se han hecho tres tipos de proceso: IR (totalmente automático, con trazadores seleccionados, manual y finalmente automático con trazadores elegidos en una imagen vapor de agua) y vapor de agua (en zona despejada en forma manual y en nubes, interactivo). Los resultados son:

- La tabla I resume los procesos automáticos. En torno al 50 por 100 de los trazadores proporcionan vientos que merecen ser considerados en un análisis posterior: de los efectivamente escritos, hay que excluir los etiquetados «acel+g» (sufren un cambio grande, además difieren del previsto). En cuanto a las siguientes columnas: dan un segundo viento que al menos se parece al previsto («acel»); son coherentes, aunque difieran del previsto («g»); o bien no se les ha detectado anomalía a priori.
- La figura 1 muestra trazadores automáticos y niveles de viento y de tope nuboso (en pequeño). Los trazadores son en principio bastantes pero uniformemente repartidos, no aprovechan bien las características nubosas, de ahí muchos errores de correlación. Se observa también la separación de niveles bajos y medios, más drástica en cuanto a niveles

TABLA I
RESULTADOS DE PROCESOS AUTOMATICOS 6H-25-02-89

CASO	TRAZADORES	RECHAZADOS		QUEDAN	ETIQUETAS DE VELOCIDAD				-- CC
		CORR.	ALTURA		ACEL+G	ACEL	G	= 0	
a	142	41	1	98	19	5	52	22	0.78
b	137	36	2	149	54	10	65	20	0.77
c	115	28	6	18	33	3	30	15	0.81

(a) trazadores elegidos automaticamente. (b) seleccionados. (c) altura del WW (nubes altas)

TABLA II
RESULTADOS A 12H

CASO	TRAZADORES	QUEDAN	ETIQUETAS DE VELOCIDAD				-- CC
			ACEL+G	ACEL.	G.	= 0	
a IR	144	90	28	4	44	14	0.72
b IR	122	78	18	3	46	11	
c VIS	144	81	22	3	45	11	0.56
d VIS	160	97	71	4	50	32	0.57
e VIS	55	35	11	5	15	4	0.50
f VIS	205	177	77	28	55	17	0.69
g VIS	164	74	43	4	21	6	

(a) todo automático. (b) selección. (c) VIS a 1 hora, mismos blancos de (a). (d) todo automático. (e) selección. (f) intervalo 1/2 hora, res 5 km. (g) intervalo 1/2 hora 2.5 km. centrado en la península.

TABLA III
12H DISTINTOS PROCEDIMIENTOS

INFRARROJO							VISIBLE					
CASO	TRAZD.	QUEDAN	ETIQUETAS DE VELOCIDAD				TRAZD.	QUEDAN	ETIQUETAS			
			1	2	3	4			1	2	3	4
			a	155	88	33			1	40	14	44
b	155	88	28	5	47	8	44	29	7	0	18	4
c	155	88	27	2	41	10	44	24	6	2	13	3
d	155	79	25	5	38	11	44	23	4	0	13	6
e	199	34	20	0	11	3	199	99	23	0	62	14
f	155	97	32	7	42	16	44	30	6	0	15	9

(a) procedimiento usual. (b) temperatura: atmósfera estandar. (c) correlación sencilla. (d) normal enclídea. (f) sólo VIS 500, sólo IR 500. (g) análisis como campos previos.

de viento que en cuanto a topes. Esta separación es real (Cu y Sc sobre el mar por un lado; Ci en hojas o correspondientes a extensos sistemas por otro), pero ha sido exagerada.

- La figura 2 presenta el conjunto de vientos IR y, en pequeño, automáticos previstos. Se observa la diferencia en dirección, en especial al N y SW (en este último caso puede ser mala atribución de altura). Sobre la Península y a sotavento la mayor parte de los vientos son manuales (letra M): corresponden a cirros finos (hay nubes más bajas, estacionarias).
- El gráfico 1 muestra la dispersión en velocidad de los vientos calculados. La correlación es aceptable, no muestra ninguna tendencia clara y sí una fuerte dispersión.
- La figura 3 resume la aportación del vapor de agua: tanto a la correlación del nivel de presión asignado (en general más bajo del que en IR corresponde a ese trazador) como el cálculo de vientos en zona alta y despejada (cuadrante SW, donde sólo había nubes bajas). En este caso el proceso es manual y no se siguen realmente trazadores, sino un movimiento de conjunto que se ajusta; el resultado es cuanto menos aleatorio (ver gráfico 2). Más al N y sobre la Península aparecen algunos vientos en zona nubosa calculados exclusivamente con 2 imágenes WV en forma interactiva y cuya asignación de niveles no es en este caso válida.

4. PERIODO DE LAS 12 HORAS

En este caso disponemos de imágenes IR (11.30, 12.30, 13.30) y visibles (11.30, 12.30, 13 y 13.30) lo que permite distintas posibilidades de cálculo, diferentes del caso anterior: IR y visible a 1 hora de intervalo; manual combinando ambos para completarlos; en visible a 1/2 hora a partir de las 12.30 a resolución 5 km; y 2.5 km en zona centrada en la Península. Los campos previstos son los +12 de las 00. Los resultados son:

- La tabla II compara los resultados automáticos. Aunque globalmente los resultados son peores en visible que en IR, en especial a 2.5 km, se verá que aportan una información no desdeñable a niveles bajos que no se consigue con el IR.
- La figura 4 se refiere al proceso a intervalos de una hora. A pesar de lo denso de los resultados, en el cuadrante NW se hace sentir el mayor intervalo respecto a las 6; la diferencia con los vientos previstos muestra similitudes cori las seis. Resultados escasos y dudosos sobre la Península (no se siguen Ci con claridad). La figura 5 (visible) muestra una buena cobertura en torno a la Península gracias sobre todo al proceso a 2.5 km (letra A, o nivel asignado si manuales), pero sin mejoría de ésta.

5. DISTINTAS MODIFICACIONES PARA LAS 12 HORAS

Procesos con perfiles de temperatura climatológicos, correlación sencilla, normal euclídea, uso del análisis de las doce en vez de campos previstos, y separación en 500 mb entre IR y visible. Para todos ellos el proceso automático con 155 + 44 trazadores (respectivamente IR y VIS, salvo en el último caso); procesos automáticos solo IR con distintos tamaños de la caja del trazador: 15, 20, 25 y 30 pixels de lado. Los resultados (ver tablas III y IV y gráficos 3 a 6) son los siguientes:

- Perfiles climatológicos modifican el nivel asignado, y por lo tanto el viento previsto y los centros de la zona de búsqueda. Hay más errores de comparación con el viento previsto. En el gráfico 3 se observa que la distribución de topes muestra una discontinuidad 900-700 mb más acusada que con perfiles previstos.
- Correlaciones sencilla y normal euclídea dan resultados similares y peores que la cruzada, aunque con alguna excepción que veremos.
- Usando el análisis para los campos previos la mejora es evidente. La dispersión en velocidades es menor (gráfico 6 frente al 5), la correlación mejor para más vientos. Es importante la pendiente del ajuste en este caso claramente menor que 1: se puede explicar en general si el nivel atribuido tiende a ser inferior al real a bajos niveles (vientos débiles), e incluso superior a niveles altos (vientos más fuertes). Confirma un resultado a menudo citado para los VDN. La atribución de altura basada en el WV al reducir el nivel de los vientos altos

TABLA IV
12H DISTINTOS TAMAÑOS EN IR DE LA "CAJA" DEL TRAZADOR

	TRAZADORES	QUEDAN %	ETIQUETAS %			
			1	2	3	4
15 X 15	210	55	28	3	17	8 (16)
20 X 20	176	54	20	5	22	7 (13)
25 X 25	139	54	19	1	27	7 (10)
30 X 30	120	53	16	1	25	11 (13)

TABLA V
COMPARACIONES CON RADIOSONDEOS CERCANOS 1211

TIPO	LAT. LON.	NIVEL	DIR. VEL.	PREVISTOS	OBSERVACIONES
VDN 12h Radiosondeo 8522 12 h	31.71 15.99 32.38 16.54	1000 <u>1000</u> 850 700	319 7 140 1 340 6 355 18	29 8	Capa extensa Sc
VDN 12.30 Radiosondeo PILOT 7510 12 h	44.44 0.18 44.50 0.42	516 850 700 <u>500</u> 400	265 47 270 28 200 36 255 44 260 49 275 59	291 11 275 33 270 39 260 49 275 59	Borde final banda frontal
VDN 12.30 Radiosondeo 8001 12 h	43.64 7.39 43.22 8.25	988 <u>980</u> 850 700 500	274 35 270 35 270 20 265 31 290 71	289 31	Células en masa fría cerca de la costa
VDN 12.30 Radiosondeo 6447 12 h	49.65 -4.77 50.48 -4.21	447 <u>850</u> <u>700</u> 500 400	215 22 195 20 195 20 235 13 240 27	206 23	Masa frontal
VDN 12 h Radiosondeo 8430 12 h	38.21 0.53 38.00 1.10	470 850 700 500 400 <u>150</u>	32U 49 285 18 295 30 300 41 300 39 325 50	325 43	Cola de Ci fino; a sotavento. Viento calculado por correlación simple.

podría actuar de forma positiva. Otra observación es que en esta circunstancia análisis y previsto +12 difieren mucho (gráfico 4): la dispersión de velocidades para los mismos puntos y niveles de viento supera la de los vientos calculados en ambos casos.

- Separar visible e IR en 500 mb permite obtener muchos vientos: el visible aporta más que el IR a bajos niveles, pero con muchas etiquetas de aceleración dudosa.
- Finalmente, variando tamaños de caja del trazador se observa que en torno a 15 se obtienen más trazadores automáticos. No obstante, y aunque aquí no se detecte claramente, sí se ha observado en general que la correlación es más eficaz para tamaños grandes (máximo de 30), aunque esto introduzca un ligero suavizado en los vientos.

6. COMPARACIONES CON OBSERVACIONES CONVENCIONALES

Aun disponiendo de una completa colección de partes de superficie y altura, se comprobó que lo más interesante eran las comparaciones con radiosondeos cercanos; de éstas se han considerado 5 casos, en diferentes situaciones geográficas:

- a) (Madeira): el viento se aproxima más al 850 mb, lo que puede ser válido para toda esa zona de nubes bajas.
- b) (Burdeos): el viento parece convenir a un nivel superior (radiosondeo) o a ese mismo nivel si lo comparamos con el globo piloto. En cualquier caso es mucho más cercano al real que al previsto.
- c) (La Coruña): hay buen acuerdo, mejor incluso que con el viento previsto (pero el viento varía poco hasta 700 mb).
- d) (Bruselas): el viento se ajusta al previsto, pero en cuanto al radiosondeo podría ir a un nivel similar (entre 500 y 400) o bien a 700-850, sin que se pueda decir más.
- e) (Murcia): este viento obtenido por correlación sencilla en una zona complicada para el seguimiento nuboso se parece al obtenido por normal euclídea, mientras que la correlación cruzada dio un error de aceleración. Como se parece más a niveles muy altos (150 mb), donde no hay nubes, no se descarta que se trate de una casualidad.

7. CONCLUSIONES

El procedimiento funciona, permite calcular buen número de vientos especialmente sobre el océano, donde no hay a esos niveles información adicional. Esto lo hace especialmente interesante para la asimilación de datos al Modelo de Predicción Numérica (pese a tratarse de una información no puntual sino promediada, como ocurre siempre con datos de satélite); siempre y cuando los vientos no introduzcan errores o simplemente sean rechazados, lo que sobre todo puede ocurrir por una errónea atribución de alturas. La disponibilidad de estos vientos en estudios mesoscálicos o en predicción local a muy corto plazo es más aleatoria (en este caso se han obtenido pocos resultados sobre la Península o Mediterráneo cercano, nada a niveles bajos). En cualquier caso, y desde el momento en que estos vientos se calculen de forma habitual, estarán disponibles con toda su información adicional en los ficheros NID esqema VWIN a los que se pueden acceder por cualquier terminal SAIDAS, usando los comandos generales de tratamiento de datos convencionales o los particulares de análisis del proceso VDN.

Se ha comprobado la necesidad de disponer de la información más completa y cercana posible (imágenes a media hora, predicción a +6; IR, visible al menos una de WV), y también se ha visto lo aceptable o conveniente de algunas opciones.

Del proceso propiamente dicho son puntos débiles la determinación automática de trazadores y en especial la atribución de alturas. Para mejorar ésta en la imagería IR pueden considerarse tres tipos de acciones:

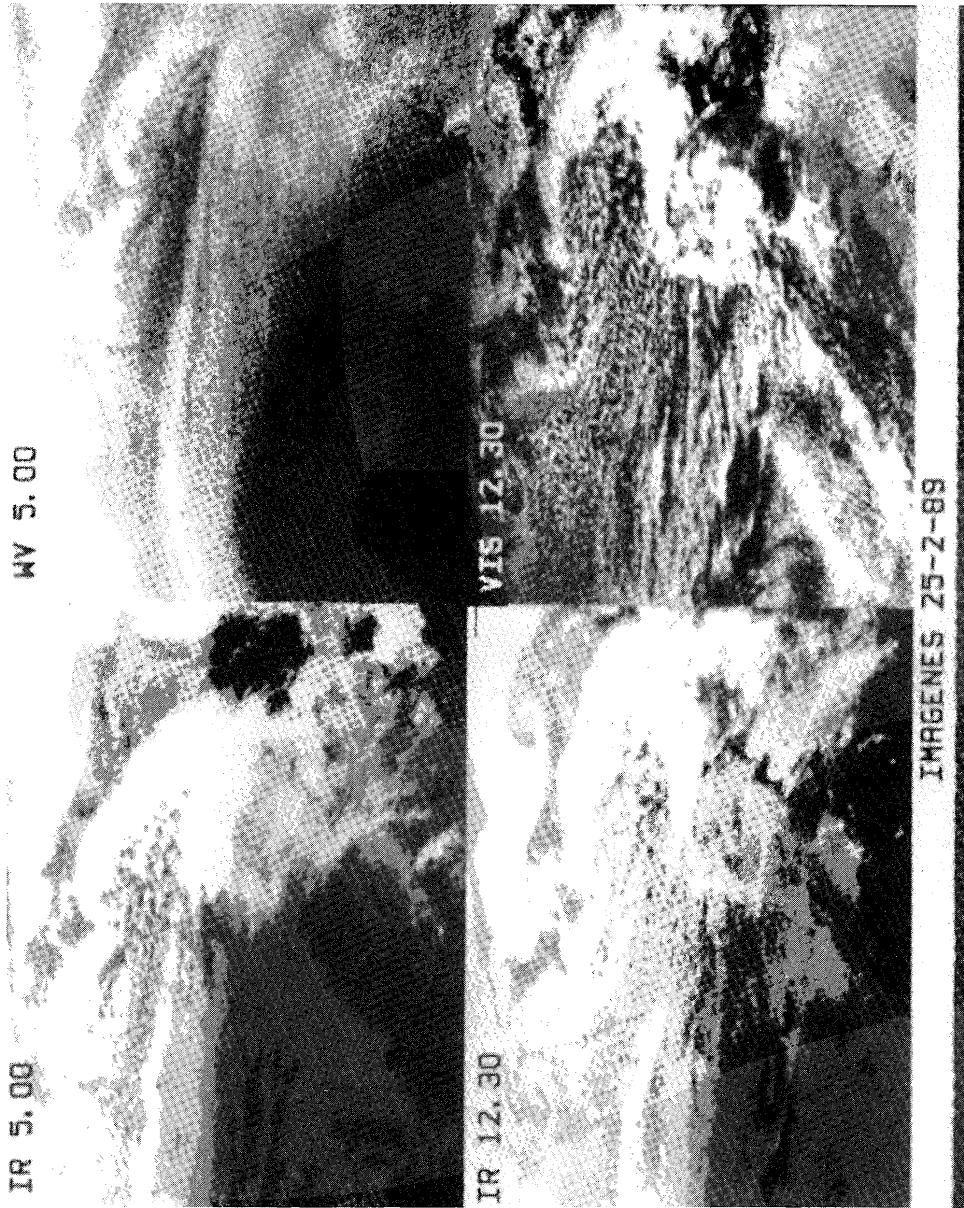
- Seguir sólo aquellos pixels que contribuyen al nivel elegido.
- Introducir correcciones (absorción, transparencia) en la temperatura de brillo elegida.
- Las anteriores están basadas en el proceso que realiza E.S.O.C. y que es esencialmente automático. En nuestro caso puede ser tener más interés comparar con todo el perfil pre-

visto, en todo momento y en especial en el análisis, para introducir las correcciones que se consideren.

A posteriori se ha de hacer un seguimiento y control de los resultados, en base a comparaciones con el análisis o radiosondeos cercanos, sin descartar, más adelante, estudios de impacto en la predicción.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a Paloma Barja su colaboración para la presentación de esta ponencia.



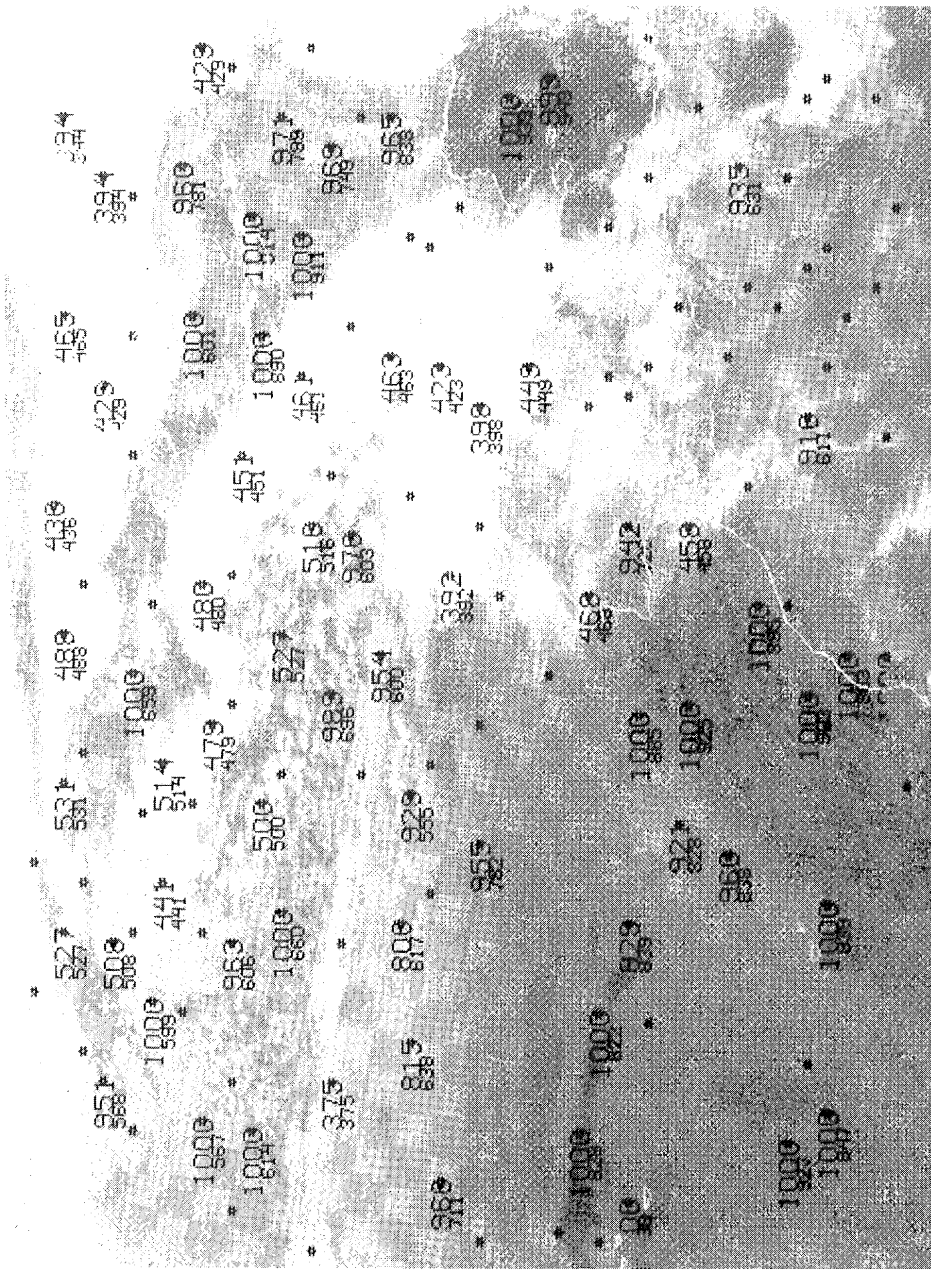


FIGURA 1. - 52 TRAZADORES AUT., NIVELES VIENTO Y TOPE

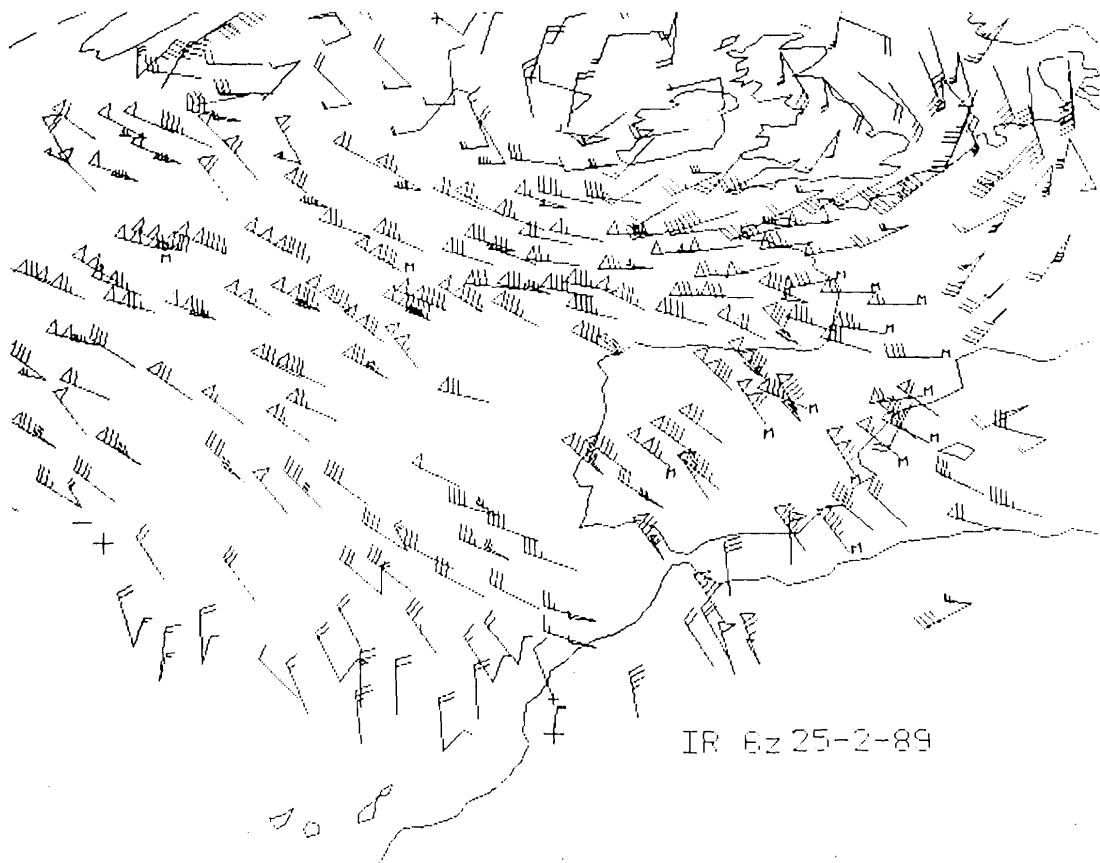


Figura 2

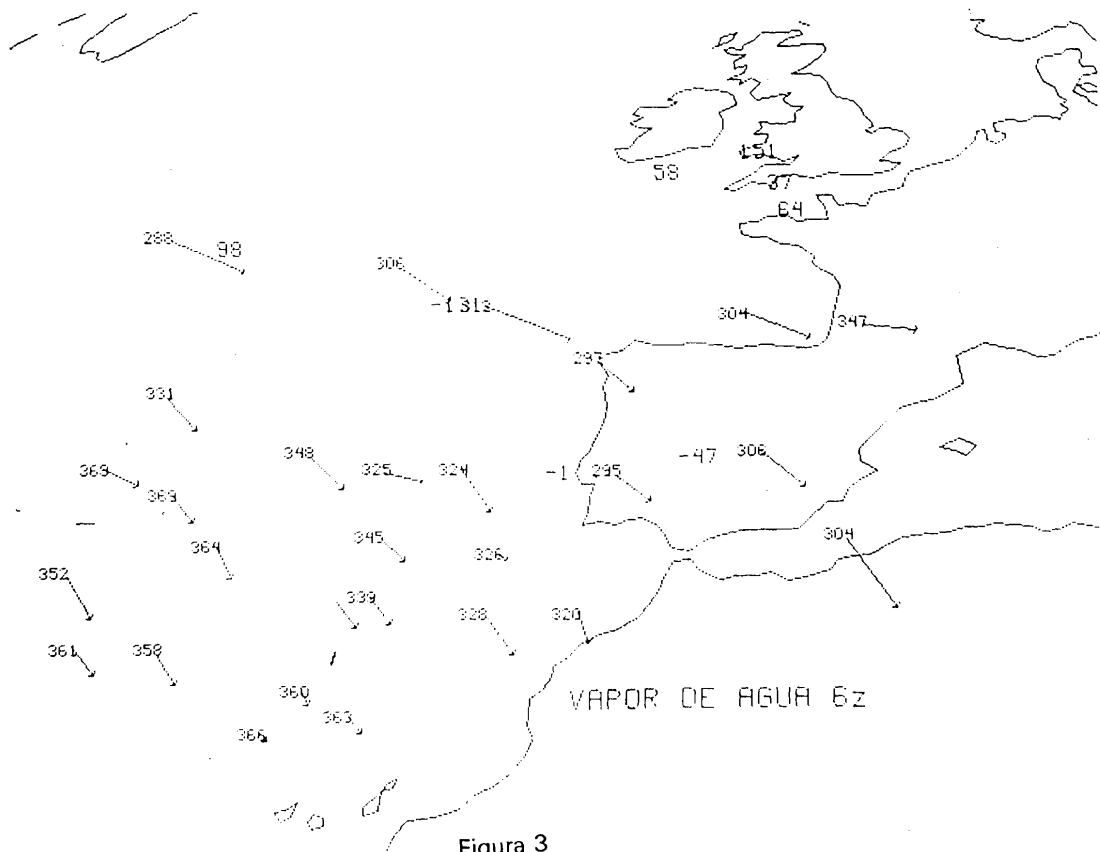


Figura 3

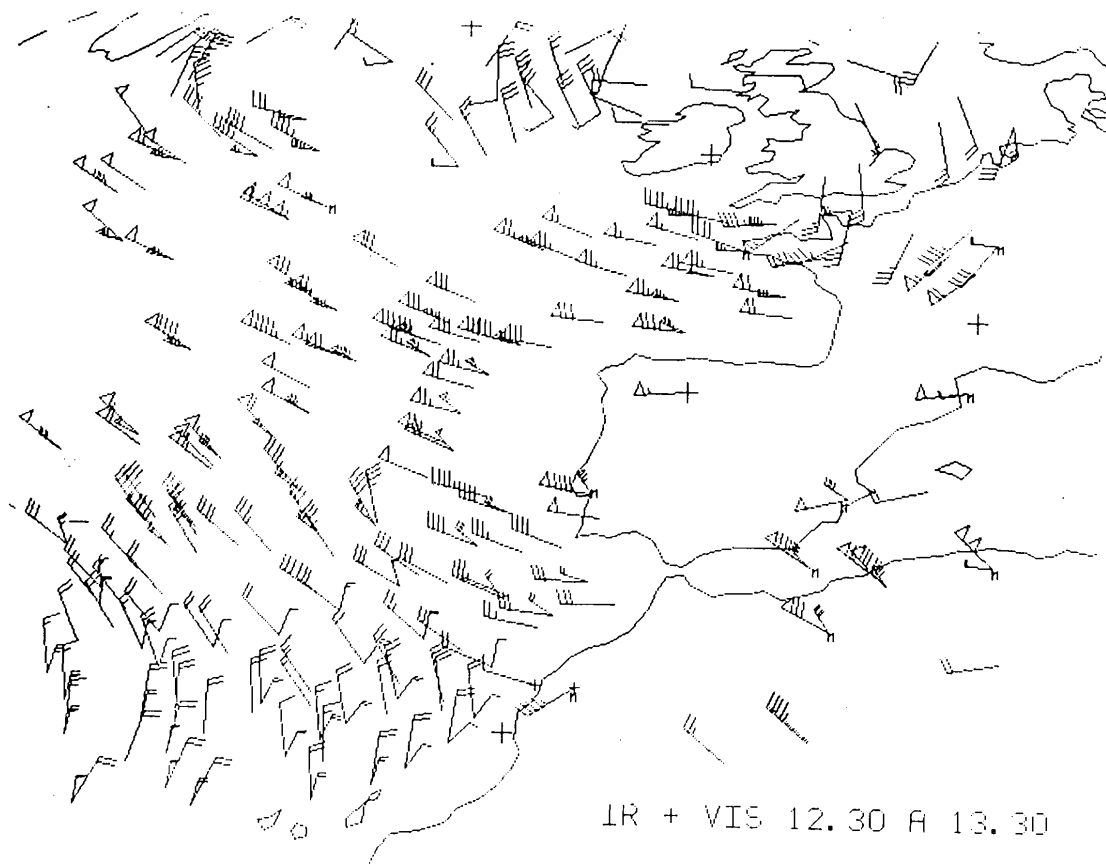


Figura 4

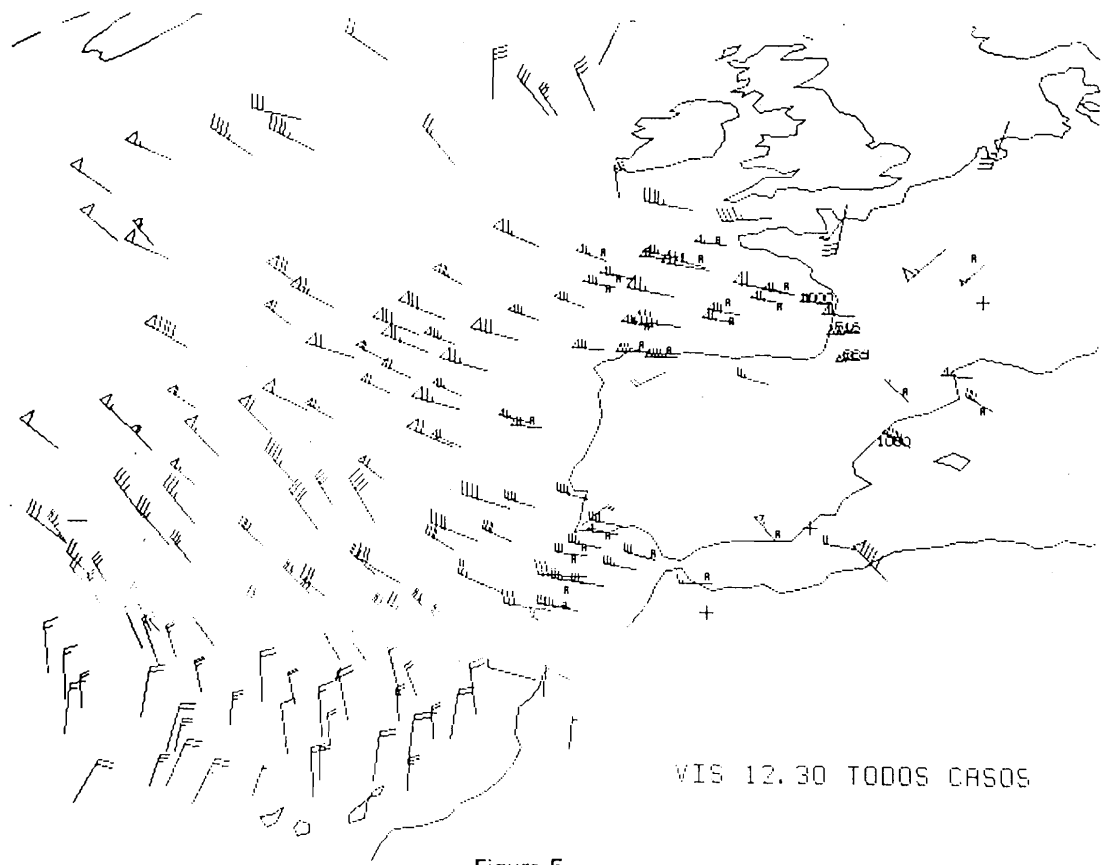
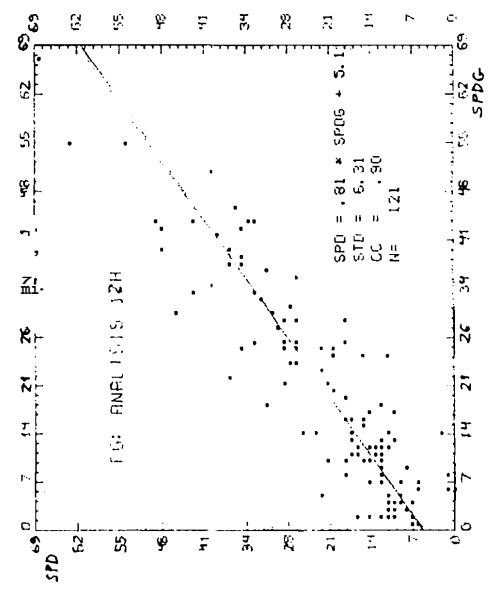
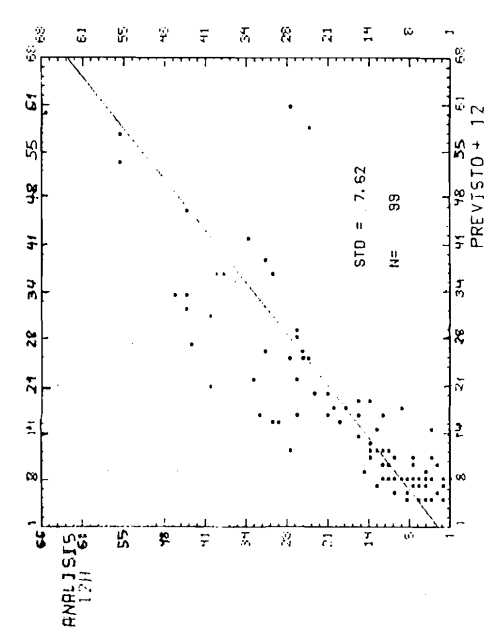
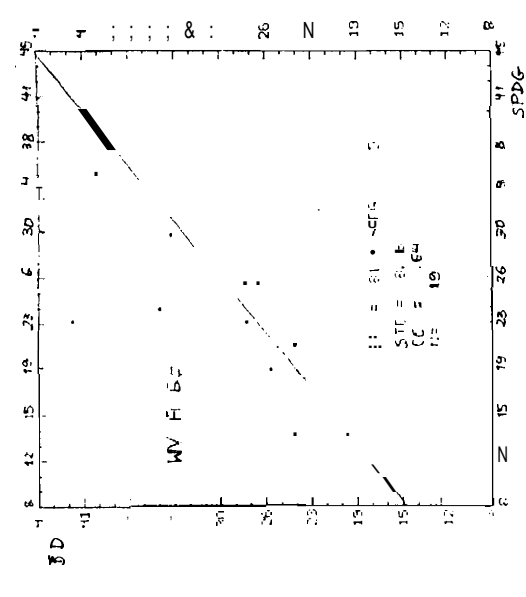
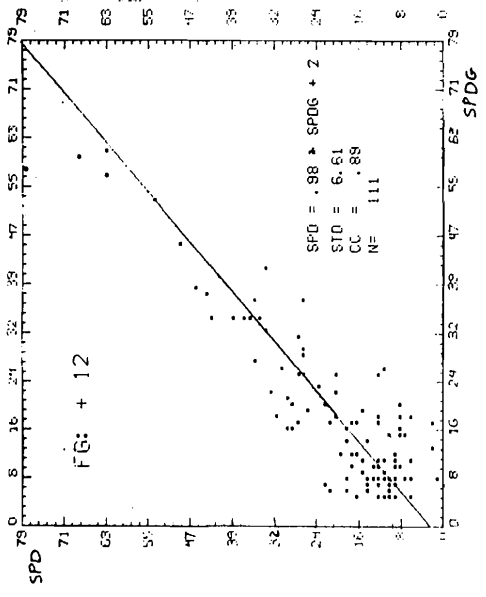
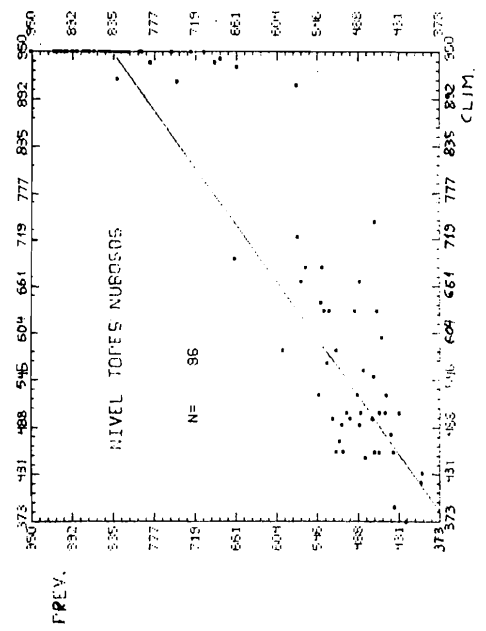
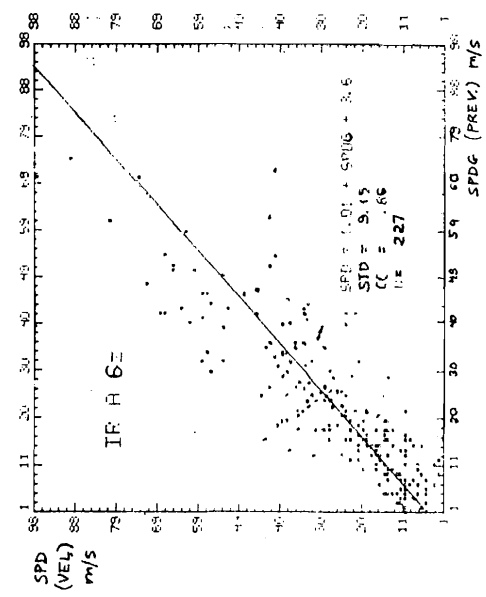


Figura 5



Gráficos 1 al 6