

## ESTUDIO DE LA CIRCULACION COSTERA FRENTE AL PUERTO DE LA LIBERTAD (ECUADOR) UTILIZANDO FLOTADORES

Por:

SILVIA ALLAUCA (1)  
MIRIAM LUCERO (1)

### RESUMEN

*Aplicando el método De Lagrange para medición de corrientes, se realizó un estudio de la Circulación Costera frente al Puerto de La Libertad, para cuyo efecto se utilizaron flotadores tipo veletas superficiales. Las observaciones fueron realizadas desde el 23 de Julio hasta el 5 de Agosto de 1988, incluyendo marea en estado de Sicigia y Cuadratura.*

*De estas observaciones se encontró que la tendencia general del flujo es de dirigirse hacia el Este, con ciertos cambios en su dirección durante la sicigia, fase donde el régimen de mareas se presenta en forma muy influyente sobre la circulación. Por otro lado, los vientos y la topografía del fondo tienen menor influencia sobre la circulación. Se observó además que las corrientes superficiales son ligeramente más fuertes que las subsuperficiales, obteniéndose valores de 34.76 cm/s y de 23.73 cm/s respectivamente.*

### ABSTRACT

*The Lagranges' s method was applied for currents measurements, a study of Coast Circulation pattern was carried out in front of La Libertad using surface and subsurface droges. The observations were taken from July 23 to August 5, 1988, including neap tides and spring tides.*

*Based on these observations, an eastward flow is the general tendency, with some changes in the direction during spring tides, where the tide behavior is predominant over the circulation. The influency of wind and submarine topography was smaller over the circulation. Furthermore the surface currents are slightly stronger than subsurface currents, with values of 34.76 cm/s and 23.73 cm/s respectively.*

### INTRODUCCION

El estudio de corrientes marinas en zonas costeras tiene primordial importancia para el entendimiento de los procesos costeros que influyen directamente sobre la costa. Su aplicación es de mucho interés no solo para fines pesqueros sino desde puntos de vista ingenieril para obras portuarias, como ha ocurrido principalmente en el país, puesto que en el planeamiento, diseño, operación y mantenimiento de trabajos de ingeniería costera, cierta información básica debe ser disponible al ingeniero como ayuda en la toma de decisiones, Johnson y Wiegel (1959)

A lo largo de la costa ecuatoriana se han realizado algunos estudios de corrientes, la gran mayoría de estos los han efectuado utilizando derivadores o flotadores considerándose que los mismos son excelentes herramientas para conocer la circulación de un área, entre algunos podemos citar los siguientes: INOCAR (1984), Paredes (1984), INOCAR (1985), ESPOL (1990).

---

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada. INOCAR. P.O. Box 5940 Guayaquil- Ecuador

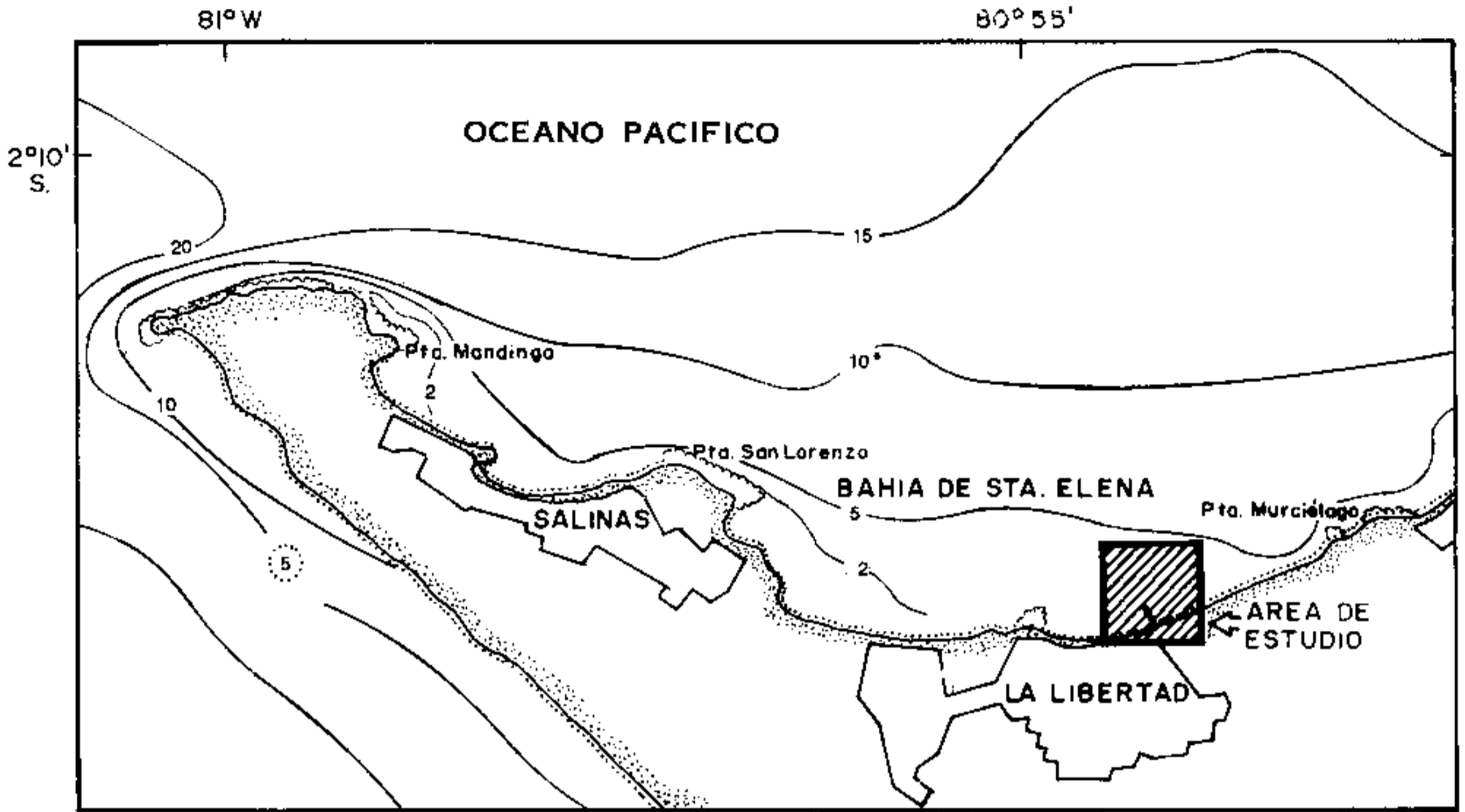


Figura 1 Area de Estudio

El presente estudio se basa en mediciones de corrientes marinas realizadas en el área frente a La Libertad (Figura 1) aplicando el método de Lagrange. Estas mediciones forman parte de un estudio global de esta área con fines a encontrar soluciones para el problema de erosión que está afectando al Malecón de La Libertad desde hace muchos años.

### METODOLOGIA

Las mediciones de corrientes en el área de estudio se las realizaron aplicando el Método de Lagrange (Neshiba y Fonseca, 1981), utilizando para este efecto flotadores ó veletas superficiales y subsuperficiales (5 metros), las cuales consisten de dos pantallas de lata galvanizada cruzadas entre sí, en cuya parte superior se unen a un eje formado por un tubo galvanizado de 1/2 pulgada de diámetro uniéndose en su parte superior a una varilla delgada de hierro, la misma que sostiene una bandera plástica pequeña de diferentes colores para diferenciarlos unas de otras. El peso de la veleta es compensado por tres boyarines ubicados en el tubo galvanizado manteniéndola en flotación y permitiendo observar la parte superior de su eje (varilla y bandera) sobre la superficie. La diferencia entre veletas superficiales y subsuperficiales consiste en que en las segundas las pantallas cruzadas se suspenden del eje por medio de un cabo de polietileno de 5 metros de largo (longitud variable según el interés).

Con respecto a este tipo de flotadores utilizado, es decir una parte sumergida y otra no sumergida, el efecto de las corrientes sobre la parte sumergida es mucho mayor que el efecto de corriente y viento sobre la parte flotante, es por esto que efectivamente se mide la corriente a algún nivel bajo la superficie del mar (Johnson y Wiegel, 1959).

Las veletas fueron posicionadas con el método de intersección de ángulos, por medio de dos teodolitos ubicados en dos estaciones en la costa. Se conoce que desde hace muchos años se empleaba este tipo de posicionamiento, tal como es mencionado en Johnson y Wiegel (1959). Este tipo de mediciones tiene ventaja con respecto a otros flotadores tales como las botellas a la deriva o flotadores posicionados por radar, que son mediciones del tipo lagrangiano pero no dan una precisa posición de la trayectoria de cada flotador; sin embargo, el posicionamiento desde estaciones en tierra, también tiene una gran desventaja que radica en la buena visibilidad, por lo que se prefiere aplicarlo durante el día, pero, la deriva debe ser monitoriada día y noche en buenas o malas condiciones de tiempo (Neshyba y Fonseca, 1981). Por tal motivo, cuando se aplica este método se trata de extender el mayor tiempo posible en el día para realizar las mediciones, además de realizarlo durante algunos días continuos, obteniendo así una buena aproximación de la circulación marina en el área de estudio.

El período de medición diario fue de hasta 8.5 horas (08:30 - 17:00) aproximadamente, desde el 23 de Julio al 5 de Agosto de 1988, obteniendo un período total de 14 días de medición, el cual incluye la marea en estados de sicigia y cuadratura.

### ANALISIS DE LAS MEDICIONES

El análisis de la circulación costera en el área de estudio, se basa en la descripción de las trayectorias de los flotadores, tomando en consideración factores como mareas y vientos, entre otros. En las figuras 2 a 15, se presentan las trayectorias de las veletas durante cada día de medición, diferenciando las veletas superficiales de las subsuperficiales (profundas) e incluyendo en cada una de ellas la marea y el viento del día, los cuales fueron obtenidos de la Estación Mareográfica y Meteorológica ubicada en el Muelle de la Superintendencia de La Libertad.

En la figura 2, correspondiente al primer día de medición, ciertos flotadores inician su trayectoria con una dirección Norte-Noreste, alejándose de la costa para luego cambiar su rumbo hacia el Este junto a los demás flotadores, lo que podría ser producido por la marea. Esto no se observa en los días 24 al 30 (Figuras 3 a 9), donde las veletas siguen en conjunto la misma orientación y en forma casi paralela entre sí, fluctuando su dirección inicialmente entre el NE y SE para finalizar su dirección hacia el NE-E, y en la mayoría de los casos bordeando el perfil de la costa. No se aprecia en general un cambio pronunciado en la dirección de las trayectorias, de tal forma que a pesar de haber cambios en la marea, como se puede observar en las figuras mencionadas anteriormente, esta parece no ser muy influyente en estos días, en los cuales coincide con la cuadratura, que según los registros mareográficos de La Libertad, las mareas más bajas se presentaron el día 24 de Julio.

Para los siguientes días, 31 de Julio y 1ro. de Agosto, figuras 10 y 11 respectivamente, cuando la marea presenta los rangos más altos debido a la sicigia, se aprecia un ligero cambio en la dirección de algunas trayectorias, puesto que casi todas al inicio de la misma tienden a dirigirse hacia afuera de la playa, es decir hacia el Norte, para luego girar ciclónica y paulatinamente hacia el Noreste-Este.

Los cambios en las trayectorias de las veletas se aprecia fuertemente en los días posteriores 2, 3 y 4 de Agosto (Figuras 12, 13 y 14), donde las veletas presentan un cambio pronunciado de dirección, siendo los más bruscos los realizados por algunas veletas superficiales del día 2. Acerca de este cambio de orientación se podría pensar que se debe a la fuerte influencia del cambio de marea, de reflujo a flujo, como puede observarse en sus

respectivos gráficos de marea: además en el mismo día se observa que las veletas que se encuentran en el sector occidental del área de estudio, se dirigen hacia el Noroeste, dirección que tomaron durante sus trayectorias seguidas solo en las primeras horas de la mañana antes de la bajamar, o sea cuando la marea se encontraba en toda su fase de reflujo, mientras que con respecto a las demás veletas, unas comenzaron su trayectoria en la mañana y terminaron en la tarde y otras solo después de la bajamar. Un detalle presente en estas mediciones corresponde al giro anticiclónico que realizó una de las veletas subsuperficiales, la cual es diferente a los realizados por las otras. Durante los días 3 y 4 de Agosto, también se observa un giro en la mayoría de las trayectorias de las veletas, influenciados claramente por el cambio de marea, presentándose el mismo giro en todos los flotadores.

Para el día 5 de Agosto (Figura 15) se observa un patrón diferente de las trayectorias, ya que todas se alejan de la costa en dirección Norte fluctuando entre Noroeste y Noreste. El período total de medición de este día, fue desde las 9:20 hasta las 14:20, lo cual permite apreciar que las veletas derivaron únicamente en estado de reflujo, sin cambio de marea, obteniendo la misma orientación tanto las veletas superficiales como las profundas.

Las trayectorias de las veletas indican en forma clara la dirección que toma la circulación marina en el área. Se observa en las figuras 2 a 15 en forma general, que la tendencia del flujo es de dirigirse predominantemente hacia el Este, fluctuando entre el Noreste y Sureste, a excepción del día 5 de Agosto (Figura 15) donde las veletas se dirigen hacia el Norte. La marea ejerce influencia sobre la trayectoria de la circulación en época de sicigia y más aún después de la misma, aspecto observado en los últimos días de medición, no así en los primeros cuando la marea se encontraba en cuadratura, época en la cual son otros los factores que inciden mayormente sobre la circulación en el área. Las mismas características del movimiento de las aguas se los puede apreciar tanto en las veletas superficiales como en las subsuperficiales.

De acuerdo a Fleming y Heggarty (1962), en general, las corrientes tienden a seguir predominantemente en dirección paralela a los contornos de profundidad que a la línea de costa, característica que puede observarse durante algunos días de medición, especialmente es cuadratura, en la cual el cambio de marea tiene mínima influencia sobre la circulación, a pesar de que el veril de 5 m. presenta una distorsión perpendicular a la playa, en el sector central del área de estudio, continuando luego su alineación paralela a los demás veriles (Figura 1). Sin embargo, cuando la circulación en el área de estudio cambia de orientación debido a la marea, este cambio es

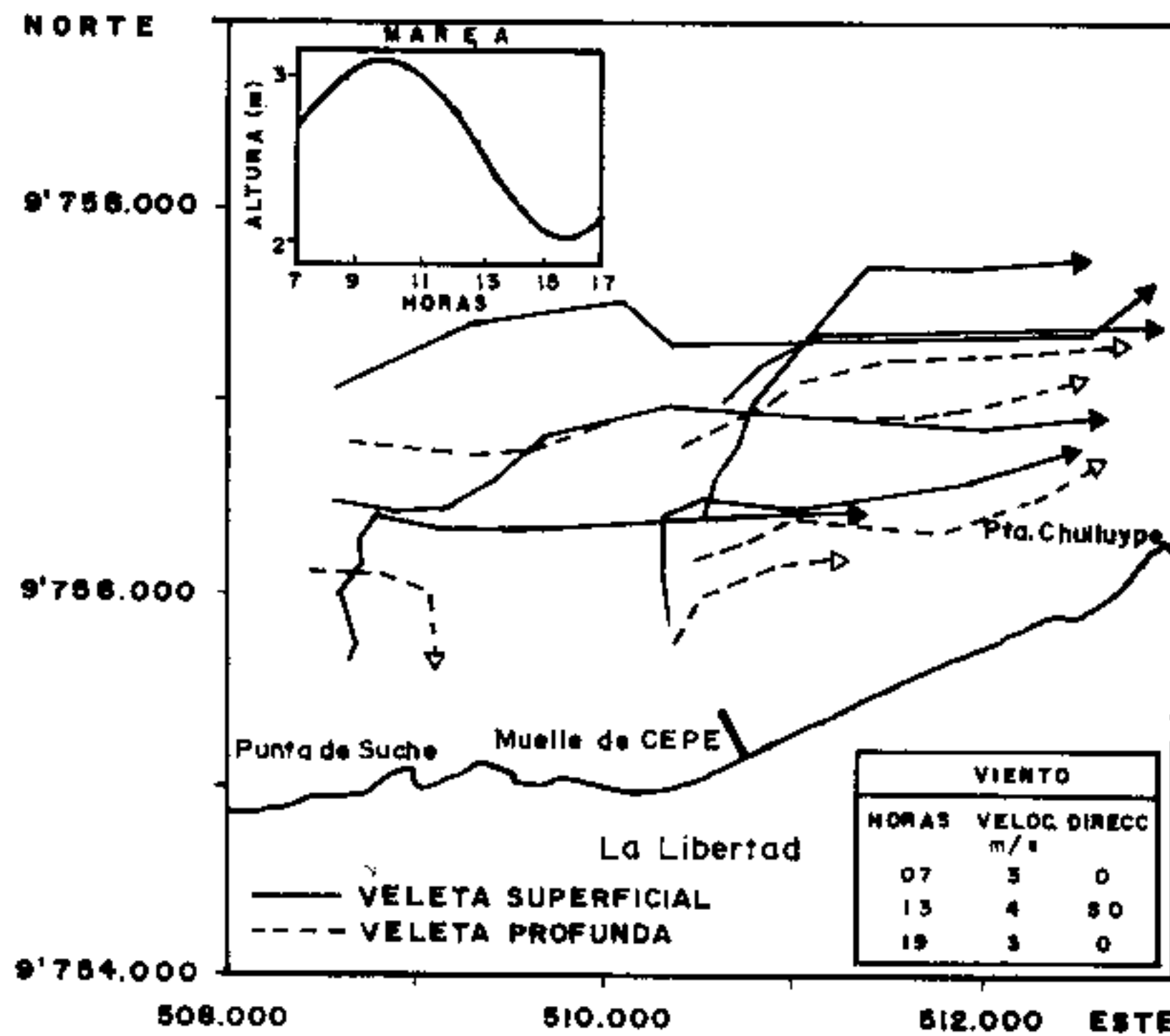


Figura 2 Trayectoria de las veletas durante el 23 de Julio/88

independiente de la topografía del fondo, lo cual indicaría que durante la cuadratura, cuando la marea ejerce poca influencia sobre las corrientes, el factor topografía podría tener cierta relación con las direcciones de las corrientes, confirmando lo dicho por Fleming y Heggarty (1962).

Además de las mareas y topografía, los vientos también influyen en las corrientes, tal como se demuestra en el Estudio de la circulación realizado en Manta, ESPOL (1990). Hachey (1953), encontró que la dirección y magnitud de las corrientes superficiales son fuertemente influenciadas por la fuerza y dirección del viento cuando éste excede 5 m/s. Sin embargo, según el promedio de los datos de viento para cada día de muestreo, como se puede apreciar en las figuras 2 a 15, predominan vientos del Suroeste y Oeste, con velocidades menores o iguales a 6 m/s, lo que indicaría que la influencia del viento sobre la circulación en ésta área es mínima, más aún en época de sicigia, cuando la marea ejerce mayor incidencia en la circulación. Se podría considerar que el viento tiene poca influencia comparándola con la marea y probablemente con la circulación oceánica costera presente en la Corriente Costanera Ecuatoriana, la cual proviene de un ramal de la Corriente de Humboldt y se dirige hacia el Norte bordeando las costas ecuatorianas, Allauca (1991), la misma que al llegar a la Puntilla de Santa Elena se divide en dos

ramales, el primero que sigue hacia el Norte alejado de la costa y el segundo que se dirige hacia el Noreste bordeando netamente la costa (Soledispa y Villacrés, 1989).

El posicionamiento continuo de cada flotador y el tiempo transcurrido en su trayectoria permitió conocer su velocidad media, así como la máxima en cada una de las trayectorias. En la tabla I, se presentan dichas velocidades para cada tipo de flotador. Por otro lado, se menciona que la velocidad media representa el promedio de las velocidades medias de todos los flotadores que derivaron en el día y la máxima es el mayor valor determinado de un segmento de trayectoria entre todos los flotadores. De acuerdo a la tabla mencionada, la máxima velocidad encontrada en las veletas superficiales es de 34.76 cm/s mientras que en las subsuperficiales es de 23.73 cm/s, las cuales se presentaron el día 23 de Julio. También se observa en forma general que las velocidades superficiales son mayores que las subsuperficiales, aunque en algunos casos la diferencia es mínima. El promedio global de la velocidad para los flotadores superficiales es de 10.7 cm/s y de 9.3 cm/s para los subsuperficiales. Se puede notar en la Tabla I que los máximos de velocidad se presentaron en cuadratura, en la cual la influencia de la marea es menor que en sicigia, debido probablemente a otros factores influyentes para estos días.

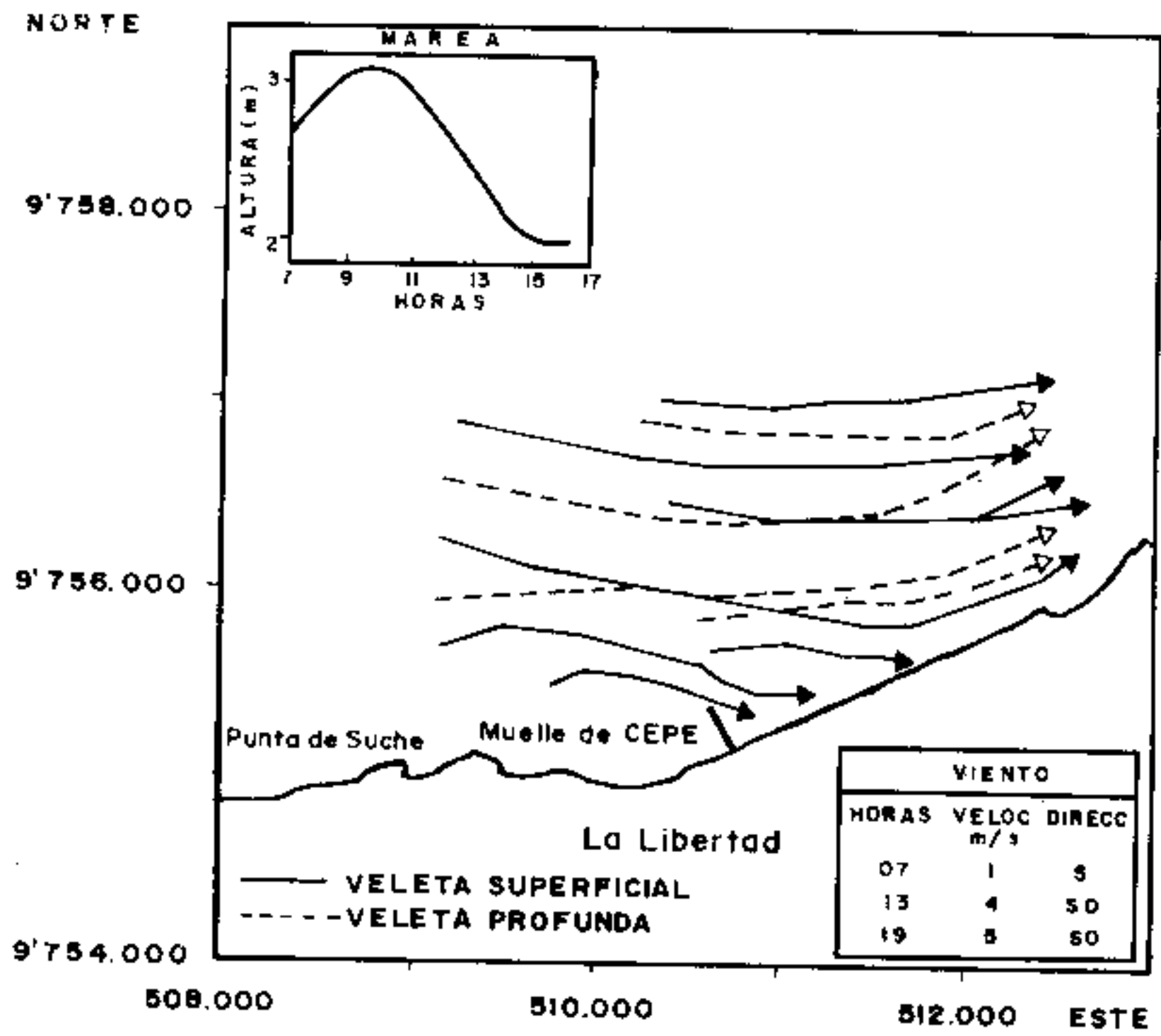


Figura 3 Trayectoria de las veletas durante el 24 de julio/88

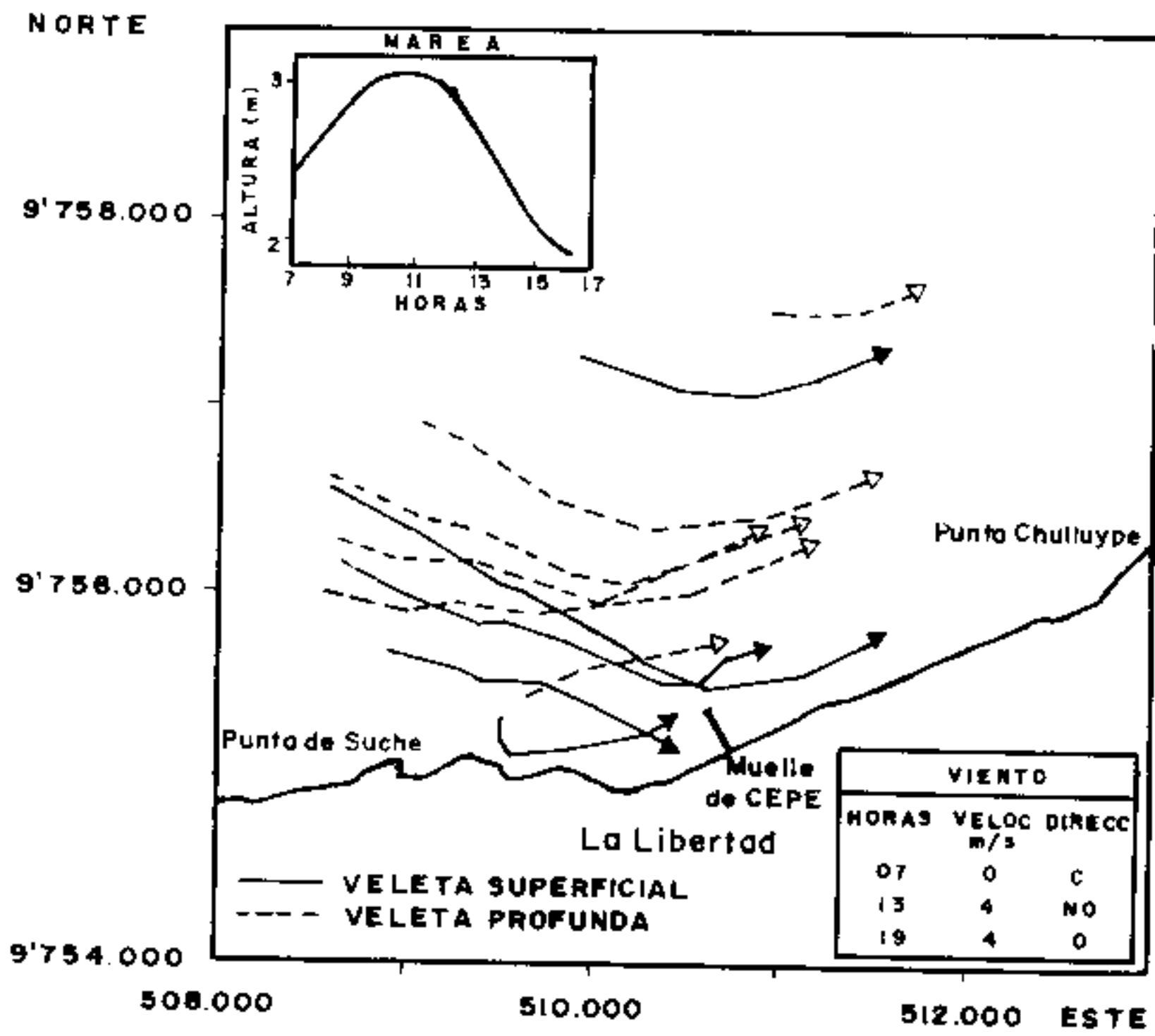


Figura 4 Trayectoria de las veletas durante el 25 de julio/88

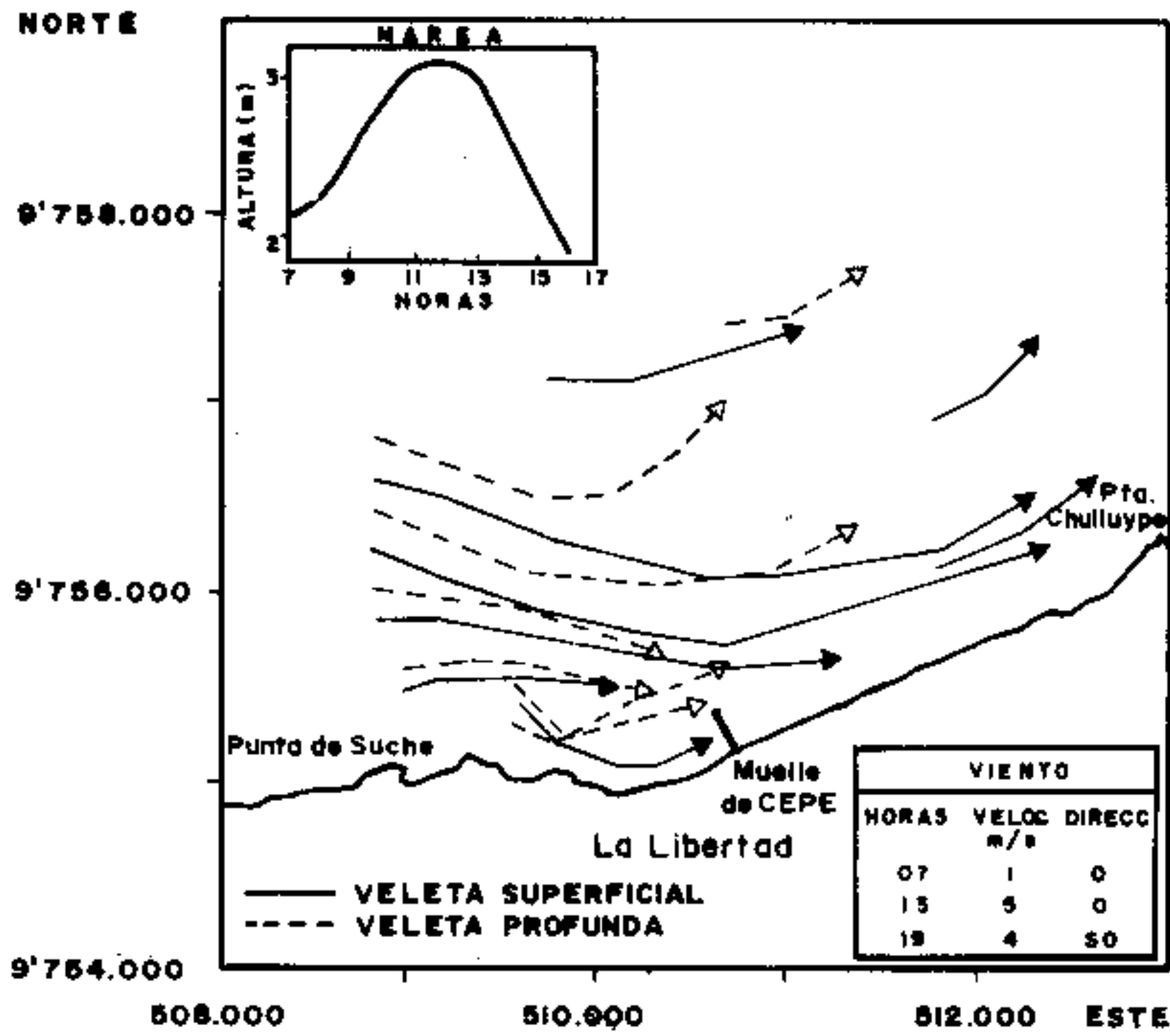


Figura 5 Trayectoria de las veletas durante el 26 de julio/88

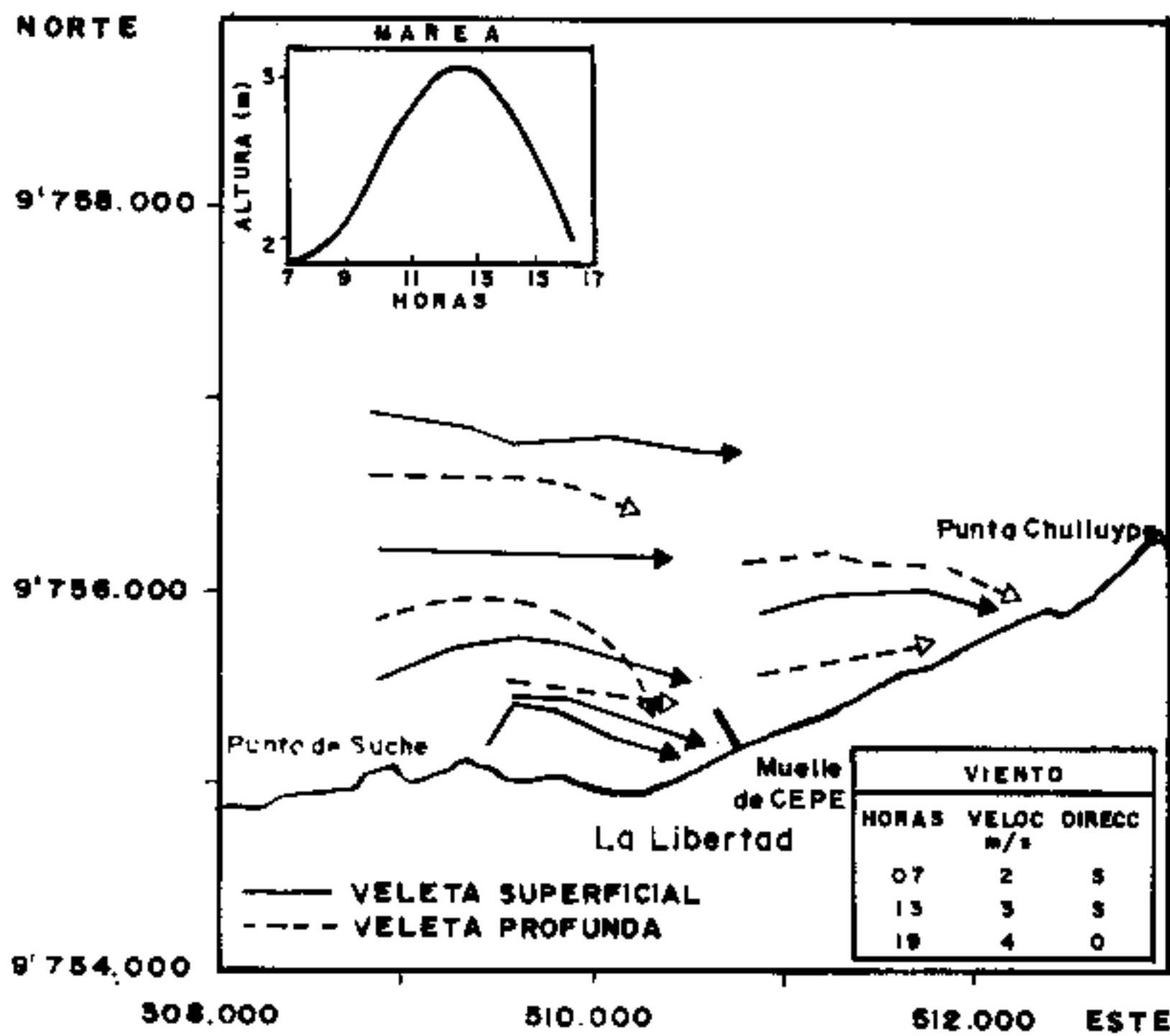


Figura 6 Trayectoria de las veletas durante el 27 de julio/88

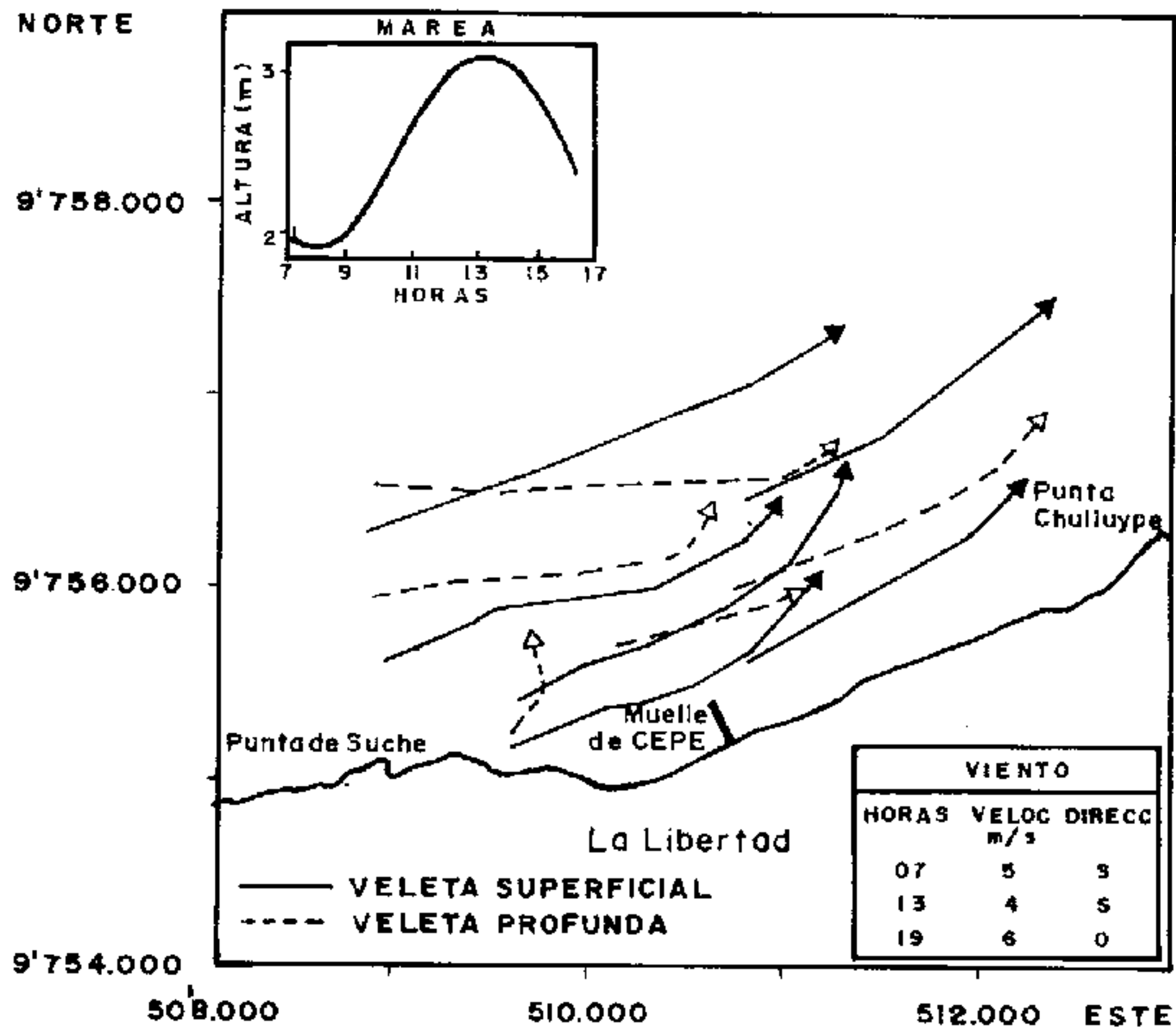


Figura 7 Trayectoria de las veletas durante el 28 de julio/88

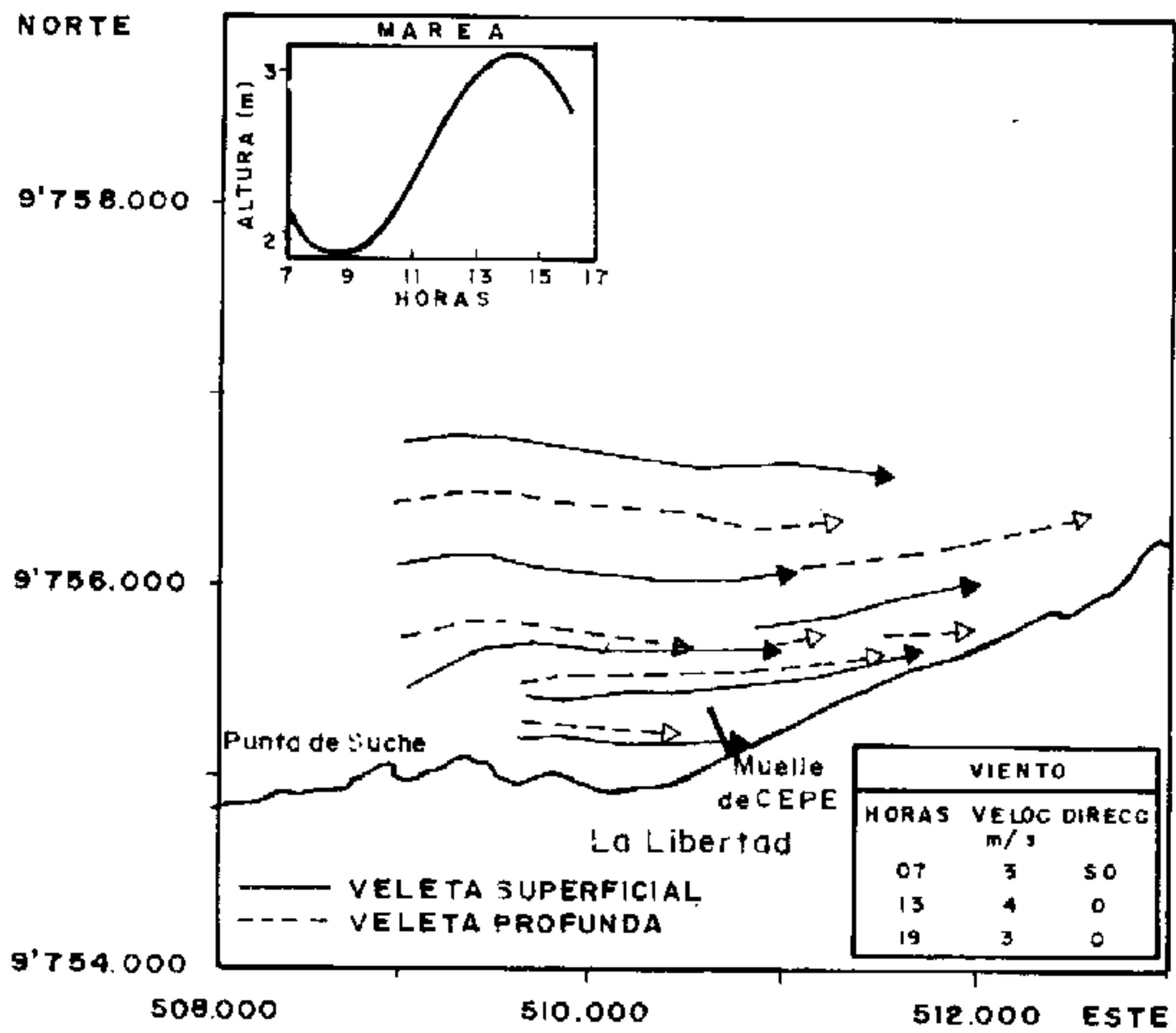


Figura 8 Trayectoria de las veletas durante el 29 de julio/88

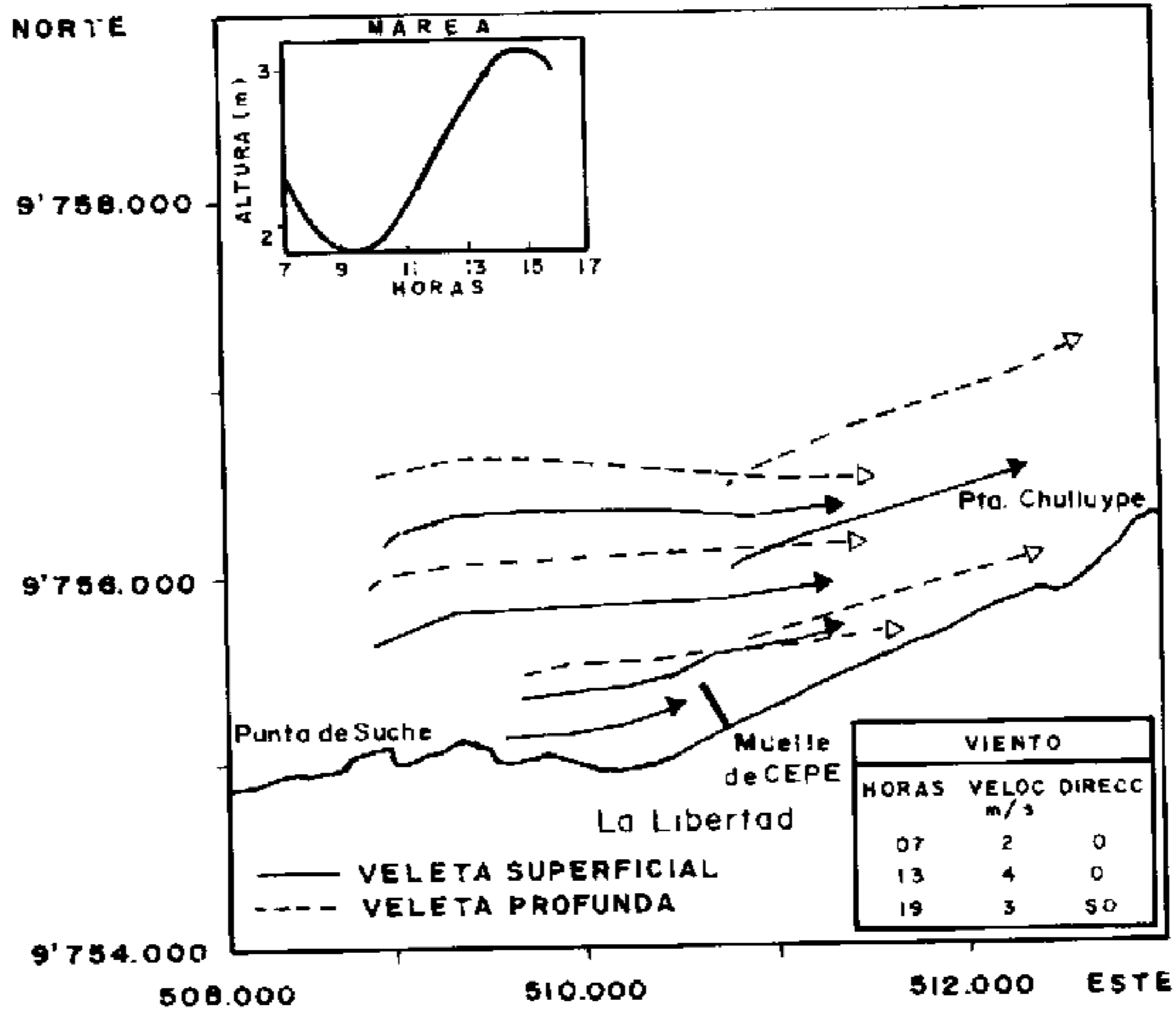


Figura 9 Trayectoria de las veletas durante el 30 de julio/88

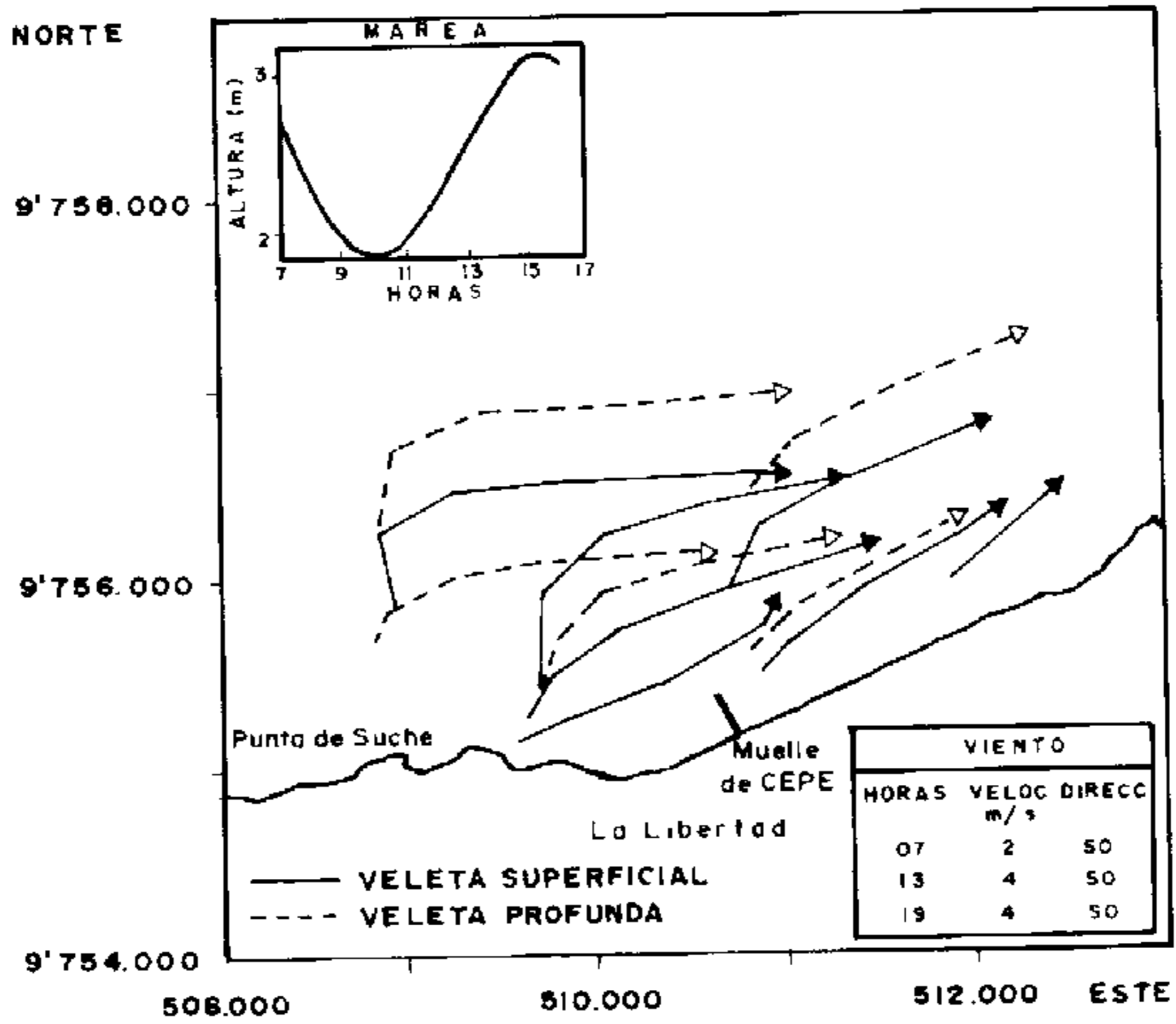


Figura10 Trayectoria de las veletas durante el 31 de julio/88



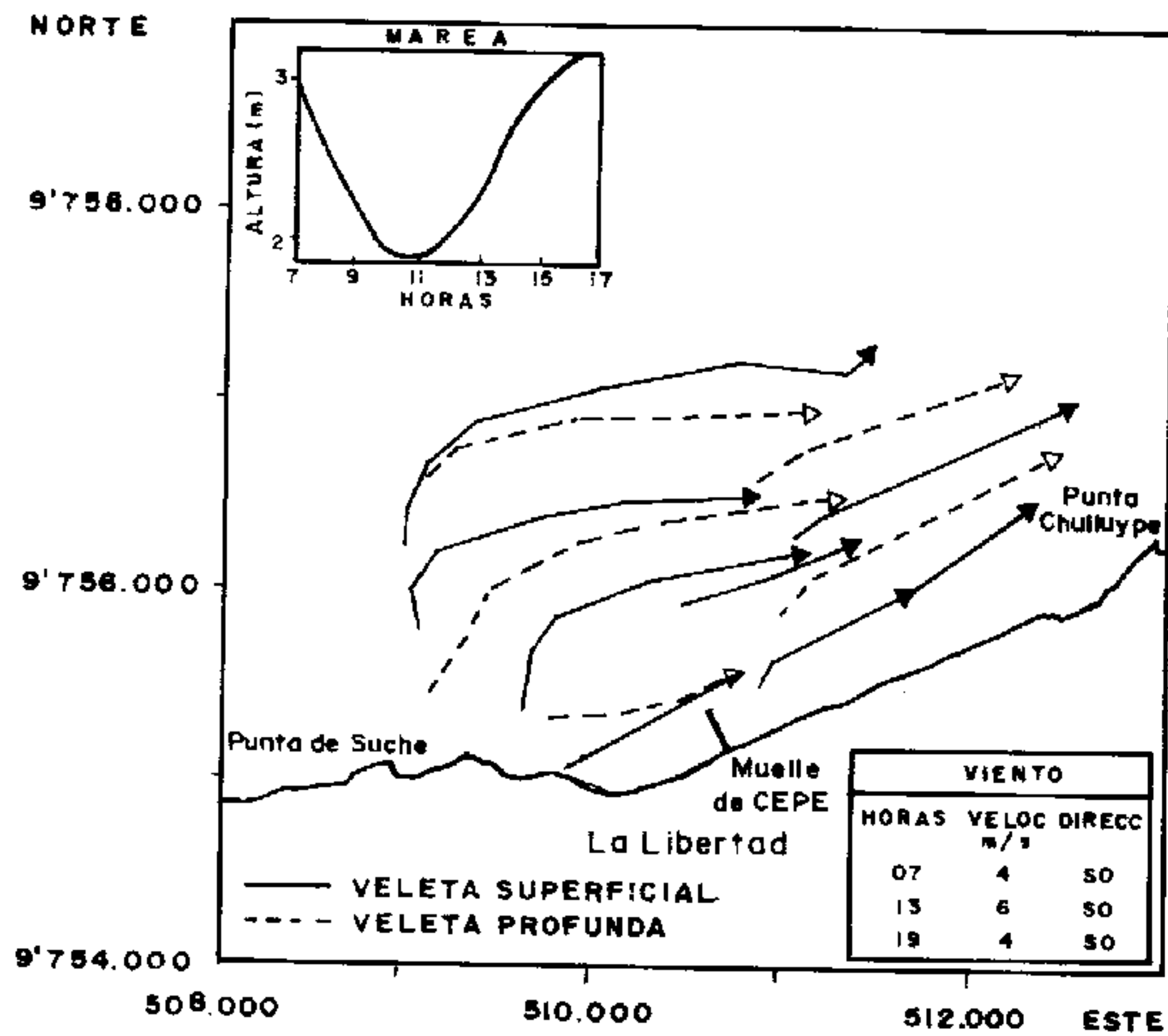


Figura 11 Trayectoria de las veletas durante el 1 de agosto/88

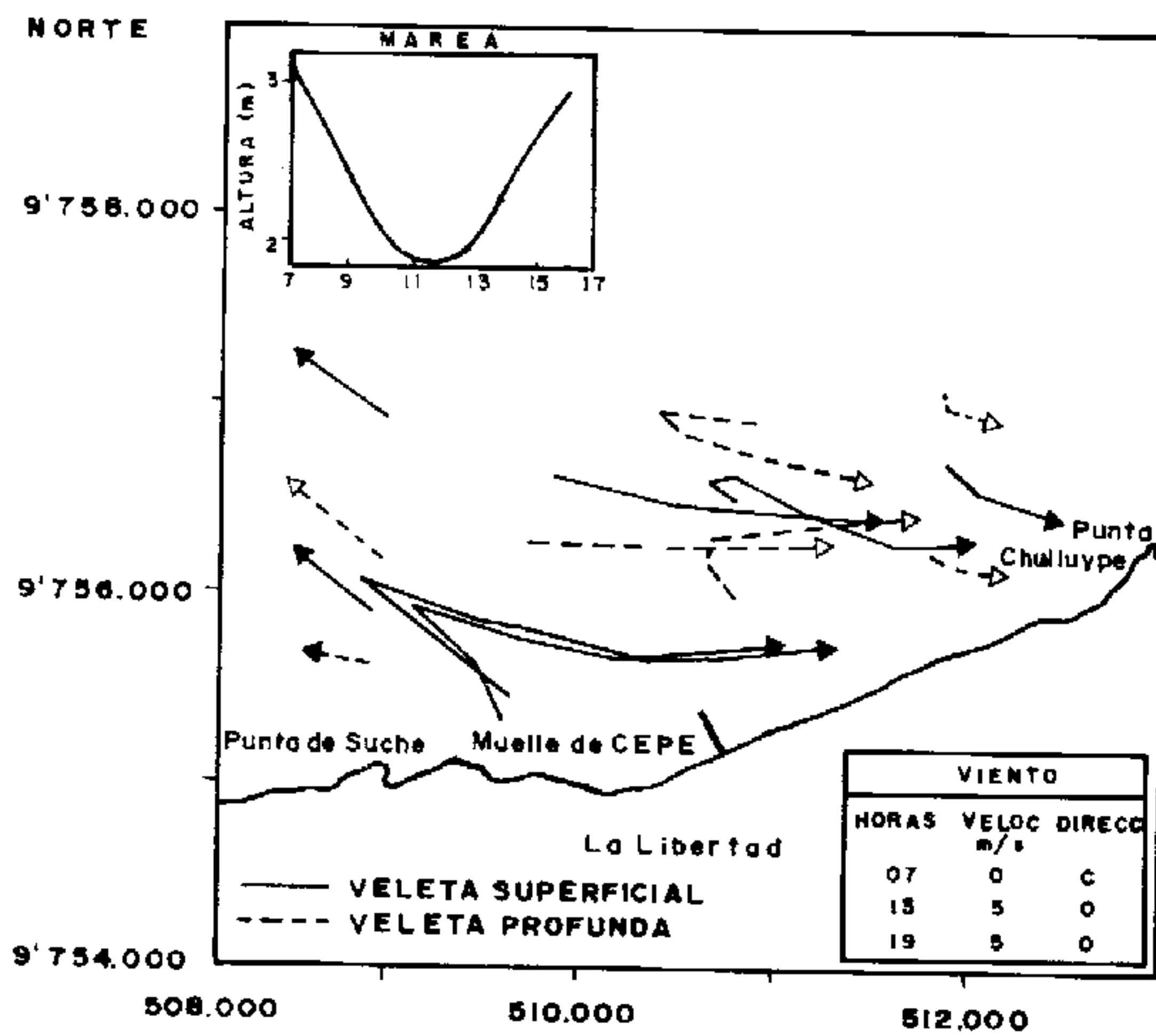


Figura 12 Trayectoria de las veletas durante el 2 de agosto/88

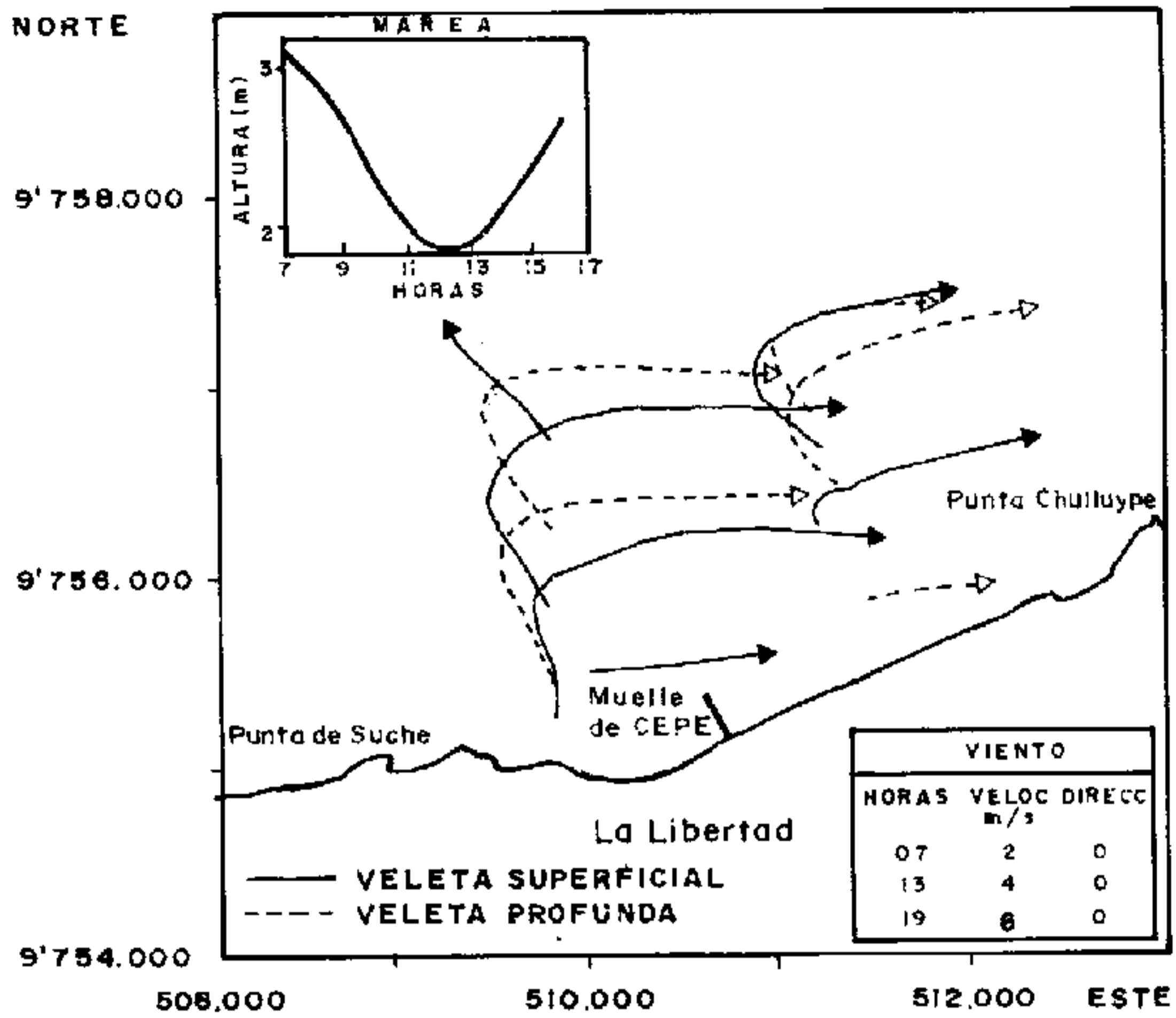


Figura 13 Trayectoria de las veletas durante el 3 de agosto/88

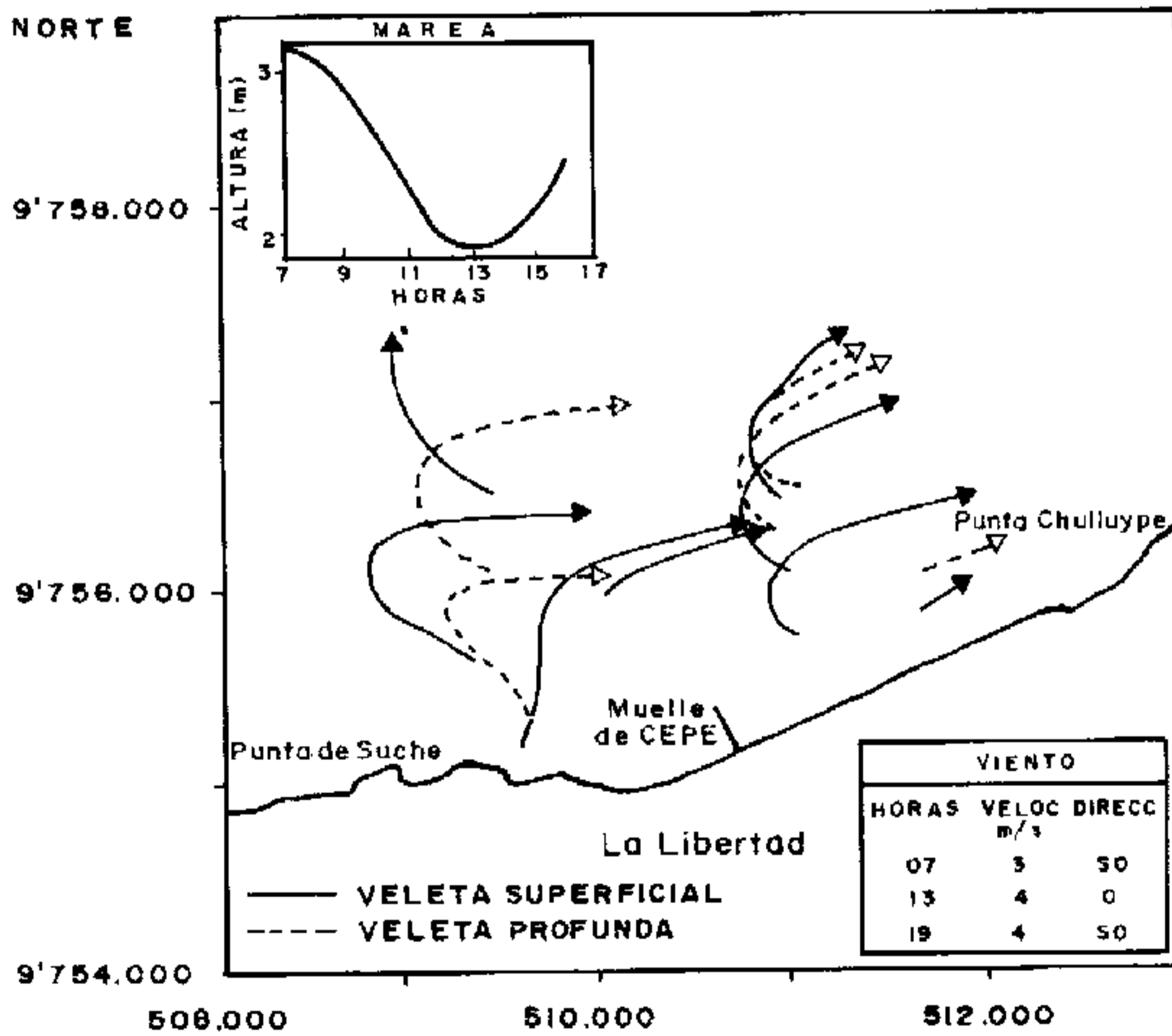


Figura 14 Trayectoria de las veletas durante el 4 de agosto/88

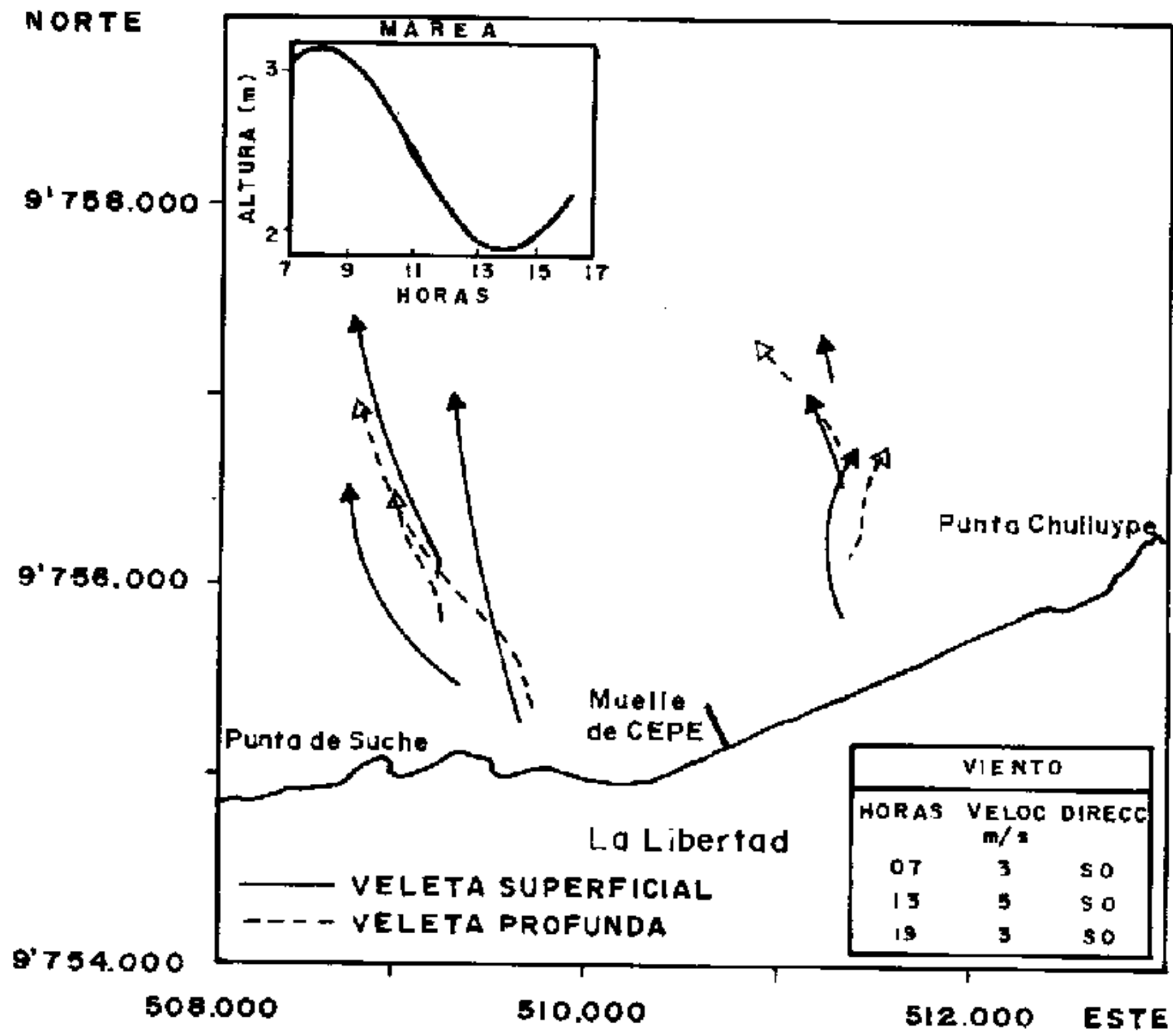


Figura 15 Trayectoria de las veletas durante el 5 de agosto/88

DIA	VELETA	V(media) (cm/s)	V(máxima) (cm/s)	Estado de marea
23	S	15.90	34.76	Cuadratura
24	S	10.35	23.73	
25	S	16.00	21.20	
26	S	15.10	23.55	
27	S	9.72	20.81	
28	S	9.09	19.38	
29	S	11.29	17.55	
30	S	8.28	13.27	
31	S	6.95	13.79	
01	S	6.76	11.99	
02	S	11.00	16.13	
03	S	8.10	19.83	
04	P	10.22	15.25	Sicigia
05	P	9.38	14.35	
06	P	9.20	14.62	
07	P	10.28	15.39	
08	P	9.85	14.78	
09	P	10.15	16.70	
10	P	11.41	28.28	
11	P	11.26	17.21	
12	P	12.59	25.11	
13	P	8.98	20.17	
14	P	8.92	25.81	
15	P	7.19	18.91	
16	P	8.66	13.70	
17	P	8.64	13.53	
18	P	7.22	12.85	
19	P	6.62	10.20	

TABLA I. Velocidades medias y máximas de las veletas superficiales (S) y subsuperficiales (P), durante julio 23 - agosto 5 de 1988.

## CONCLUSIONES

Siendo las trayectorias de flotadores una metodología aceptada como buen estimativo de la dirección y velocidad de la circulación marina, de las mediciones realizadas frente al Puerto de La Libertad, entre el 23 de Julio y 5 de Agosto de 1988, se concluye que se puede mencionar que son representativas para dar un conocimiento de la orientación del flujo en aquella área.

En base a las trayectorias de las veletas observadas para el período de medición mencionado anteriormente, se puede apreciar que la influencia de la marea es mayor en sicigia que en cuadratura, presentándose con mayor énfasis después de la sicigia determinando un flujo consistente hacia el Norte (fluctuando entre NO y NE) cuando la marea se encuentra en reflujo y hacia el Este (entre NE y SE) en flujo. Con respecto a los movimientos de las veletas superficiales y subsuperficiales no presentaron diferencias, se puede mencionar que toda la masa de agua se dirigía en el mismo sentido en el nivel superficial y a 5 metros de profundidad. Sin embargo, se aprecian velocidades ligeramente mayores en la superficie que a 5 m. de profundidad.

Se observó que la marea es el factor más influyente en la circulación con relación a los vientos y a la topografía del fondo. Por otro lado otro factor que se presume tiene gran importancia es la Corriente Costanera Ecuatoriana, por cuanto la dirección predominante del flujo es hacia el Este, que observando la alineación de la línea de costa, bien puede formar parte de un ramal de esta corriente, que bordea netamente la costa.

## BIBLIOGRAFIA

- ALLAUCA, S., 1990.- Presencia de la Corriente Costanera Ecuatoriana. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR, Ecuador, 6 (1).
- ESPOL (Escuela Superior Politécnica del Litoral), 1990.- Informe del Programa Estudio de Circulación. Convenio Autoridad Portuaria de Manta, Ecuador.
- FLEMING R.H. y D. HEGGARTY, 1962.- Recovery of drives bottle released in the sothestern Chukchi Sea and norther Bering Sea. Uni. Washington Dept. Oceanog. Tech. rept. No. 70. 18 pp.- AVERY D.E., D.C. Cox y T. Leavastu, 1963.- Currents around the Hawaiian Island, Interim Progress Report 1, Hawaiian Institute of Geophysics, Report No. 26, University of Hawaii.
- HACKEY, M.B. y N.O. Fothergill, 1953.- Wind Current on watter movement at Ambrose Lightship. Trans. Roy. Soc. Can. Ser. 3, Vol. 47.- BLASKOVICH D., 1973.- A Drift Card Study In Monterrey Bay, California: September 1971 to April 1973. Moss Landing Marine Laboratories of the California State University and Colleges, Technical Publication 73-4.
- INOCAR (Instituto Oceanográfico de la Armada) 1984.- Informe Técnico sobre "Estudios Oceanográficos en el Area del Muelle Marginal de la Autoridad Portuaria de Puerto Bolívar, Ecuador".
- INOCAR (Instituto Oceanográfico de la Armada), 1985.- Informe Técnico sobre "Estudios Oceanográficos, Hidrográficos y Meteorológicos de Tipo Estadístico en el Area de Monteverde, Ecuador".
- JOHNSON J. W. y R.L. WIEGEL, 1959.- Investigation of Currents Measurement in Estuarine and Coastal Waters. State Water Polution Control Board, Sacramento - California, Publication No. 19.
- LAGRANGE.- Método para mediciones de corrientes. NESHYBA y T. FONSECA, 1981. Corrientes costeras, Manual de mediciones y análisis, Investigaciones Marinas Valparaíso, Suplemento al Volumen 7:132 pp.
- NESHYBA S. y T. FONSECA, 1981.- Corriente Costeras, Manual de Mediciones y Análisis, Investigaciones Marinas Valparaíso, Suplemento al Volumen 7: 132 pp.
- PAREDES R., 1984.- Estudio de Corrientes Marinas en la Zona de Valdivia - San Pedro, Tesis de Grado ESPOL.
- SOLEDISPA, B. y J. VILLACRES, 1989.- Estudio Sedimentológico y Mineralógico de la Plataforma Continental Ecuatoriana en el tramo comprendido entre Salinas y Ayampe. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 5, No. 1, p: 56-77