

# CARACTERIZACION GEOMORFOLOGICA E HIDROLOGICA DE CINCO SISTEMAS ESTUARICOS DEL PAIS VASCO (1)

Fernando Villate  
Javier Franco  
Alberto Ruiz &  
Emma Orive (\*)

## RESUMEN

Se ha realizado un estudio comparativo desde un punto de vista hidrológico de cinco estuarios de diferentes características de la costa del País Vasco, calculándose los tiempos de flujo, los prismas mareales y los coeficientes de estratificación mediante la utilización de datos morfológicos.

Se observa la diferente influencia de cada uno de estos factores en los sistemas estudiados, encontrándose los menores tiempos de residencia del agua en el caso del estuario de Deba. En los demás estuarios las tendencias nos son tan claras, ya que los factores anteriormente mencionados pueden tener efectos opuestos, como en el caso de Mundaka.

Por zonas, se observa que es en la parte media donde el intercambio del agua es mayor, excepto en la ría de Mundaka, en la cual, debido al elevado valor del prisma mareal, el mayor intercambio se da en la zona exterior.

## SUMMARY

A comparative study on the hydrology of five estuarine systems of the Basque Country has been performed. Using data on their morphology flushing rates, tidal prisms and stratification coefficients have been calculated.

It can be observed the different influence of each one of these factors in studied systems. The lower water residence times have been found in the estuary of Deba. However, no clear trends have been observed in the other estuaries because above mentioned factors can demonstrate opposite effects, as in the case of the estuary of Mundaka.

Taken into account different zones, the higher exchange rates generally occur in the middle part of the estuaries, except in Mundaka, where the higher exchanges occur in the lower part due to the high value of the tidal prism.

## LABURPENA

Euskal Herriko itsasaldeko ezaugarri desberdinetako bost itsasadarren ikasketa konparatiboa burutu da, datu morfologikoak erabiliz fluxu-denborak, marea-prismak eta geruzapen-koefizienteak kalkulatu direlarik.

Faktore horietariko bakoitzaren eragin desberdina behatu da ikasitako sistemetan, Deba itsasadarraren kasurako uraren egonaldirik baxuenak aurkitu direlarik. Beste estuarioetan, joerak ez dira hain garbiak, lehen aipatu ditugun faktoreek, elkarren arteko aurkako eraginak izan bait ditzakete, Mundakako itsasadarrean gertatzen den bezala.

Alde desberdinei dagokiela, ur-elkartruke handiena erdiko zonetan jazotzen da, Mundakan izan ezik, bertan, marea-prismak duen balio altua dela eta, kanpoko gunean gertatzen bait da.

(\*) Laboratorio de Ecología. Facultad de Ciencias. Universidad del País Vasco. Apdo 644. Bilbao, Bizkaia.

(1) Este estudio ha sido financiado por el Proyecto P.I. UPV/EHU 118.310-0111 - 88.

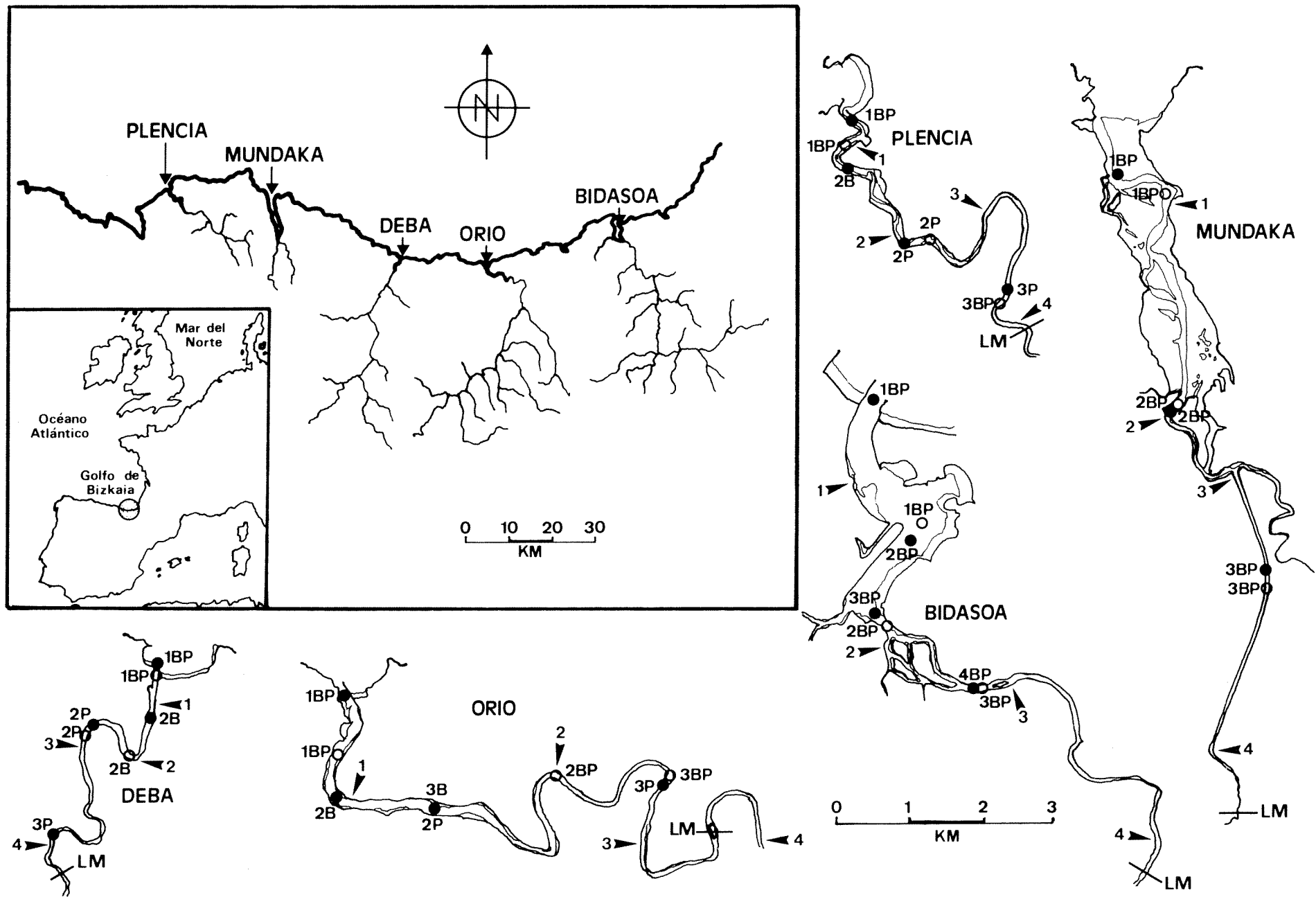


Fig. 1: Area de estudio y situación de los puntos de muestreo. Las flechas se refieren a los muestreos de mayo y junio de 1989, mientras que los círculos corresponden a los muestreos de octubre de 1988 (símbolos oscuros) y julio de 1989 (símbolos claros). B= Bajamar; P= Pleamar; LM= Limite de mareas.

**INTRODUCCION**

Son numerosas las variables que afectan a la producción biológica de los estuarios, considerados entre los más productivos de los sistemas acuáticos. Entre estas variables destacan las fuerzas físicas tales como la descarga del río, las mareas y la intensidad del viento, que junto con la geomorfología del estuario y los cambios climáticos (en especial temperatura, iluminación y precipitaciones), controlan en gran medida la variabilidad espacio-temporal de la producción biológica.

Son varios los trabajos sobre hidrografía que se han realizado en los estuarios del País Vasco, en especial en el Abra de Bilbao (EUSKOIKER, 1985; URRUTIA, 1986; VILLATE, 1987), en Plencia (VILLATE & ORIVE, 1981; ELOSEGUI et al., 1987; GARCIA, 1989) y en Gernika-Mundaka (ORIVE et al., 1984; MADARIAGA & ORIVE, 1989; MADARIAGA & RUIZ, 1988). Todos ellos se han llevado a cabo en relación con estudios de plancton para así poder interpretar su variabilidad.

Sin embargo, no se ha realizado ningún estudio comparativo entre estuarios, lo que suponemos que permitirá contribuir al conocimiento de los factores que controlan la variabilidad biológica.

Por esa razón el objetivo de este trabajo es caracterizar desde un punto de vista geomorfológico e hidrológico cinco estuarios de los más importantes del País Vasco (Plencia, Gernika-Mundaka, Deba, Orio y Bidasoa) como base para la explicación de los procesos biológicos que en ellos se desarrollan.

**MATERIALES Y METODOS**

**Area de estudio**

Los estuarios de la costa vasca (figura 1), atendiendo a la clasificación geomorfológica propuesta por PRITCHARD en 1967, representan antiguos valles fluviales inundados por el mar a partir de la última transgresión Flandriense (CRUZ-SAN JULIAN et al., 1984). Los sistemas fluviales que los forman se

caracterizan por su corto recorrido (tabla 1) y elevada pendiente, consecuencia de la escasa distancia existente entre la Cordillera Cantábrica, donde nacen, y la costa. Los caudales exhiben grandes variaciones a lo largo del año, reflejando en gran medida la distribución de las precipitaciones (figura 2).

El tipo de marea es semidiurno, con amplitudes que varían desde menos de 1 metro en mareas muertas hasta más de 4.5 en las vivas.

Para este estudio se han elegido los estuarios de Plencia, Gernika-Mundaka, Deba, Orio y Bidasoa, que presentan diferencias morfométricas, topográficas y diferente relación entre la superficie de la cuenca y la del estuario (tabla 2), lo que se reflejará en su hidrografía y biología. La situación del límite de marea, la delimitación de los tramos anterior, medio y exterior en cada estuario y la situación de los puntos de muestreo se representan en las figuras 1 y 3.

	LONGITUD (Km)	AREA DE LA CUENCA (Km <sup>2</sup> )	CAUDAL MEDIO (m <sup>3</sup> /s)
BUTRON	39	193	-
OKA	23	140	0.59
DEBA	40	456	17.29
ORIA	52	749	23.17
BIDASOA	66	681	24.72

Tabla 1: Longitud, caudal y área de la cuenca de los cinco ríos que forman los estuarios estudiados.

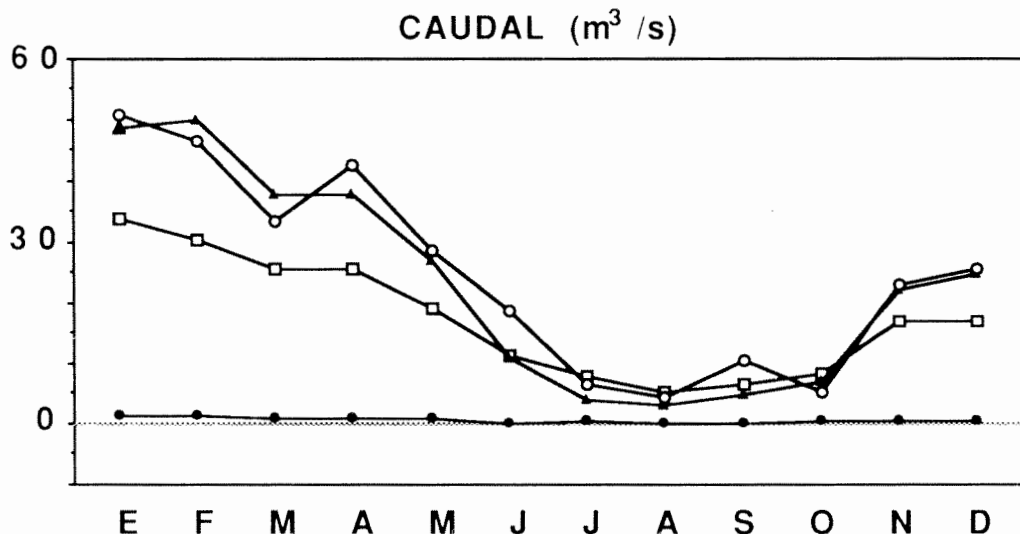


Fig. 2: Caudales medios mensuales (años 1984-1988) para los tributarios principales de cada cuenca: Oka (●), Deba (□), Orio (▲) y Bidasoa (○).

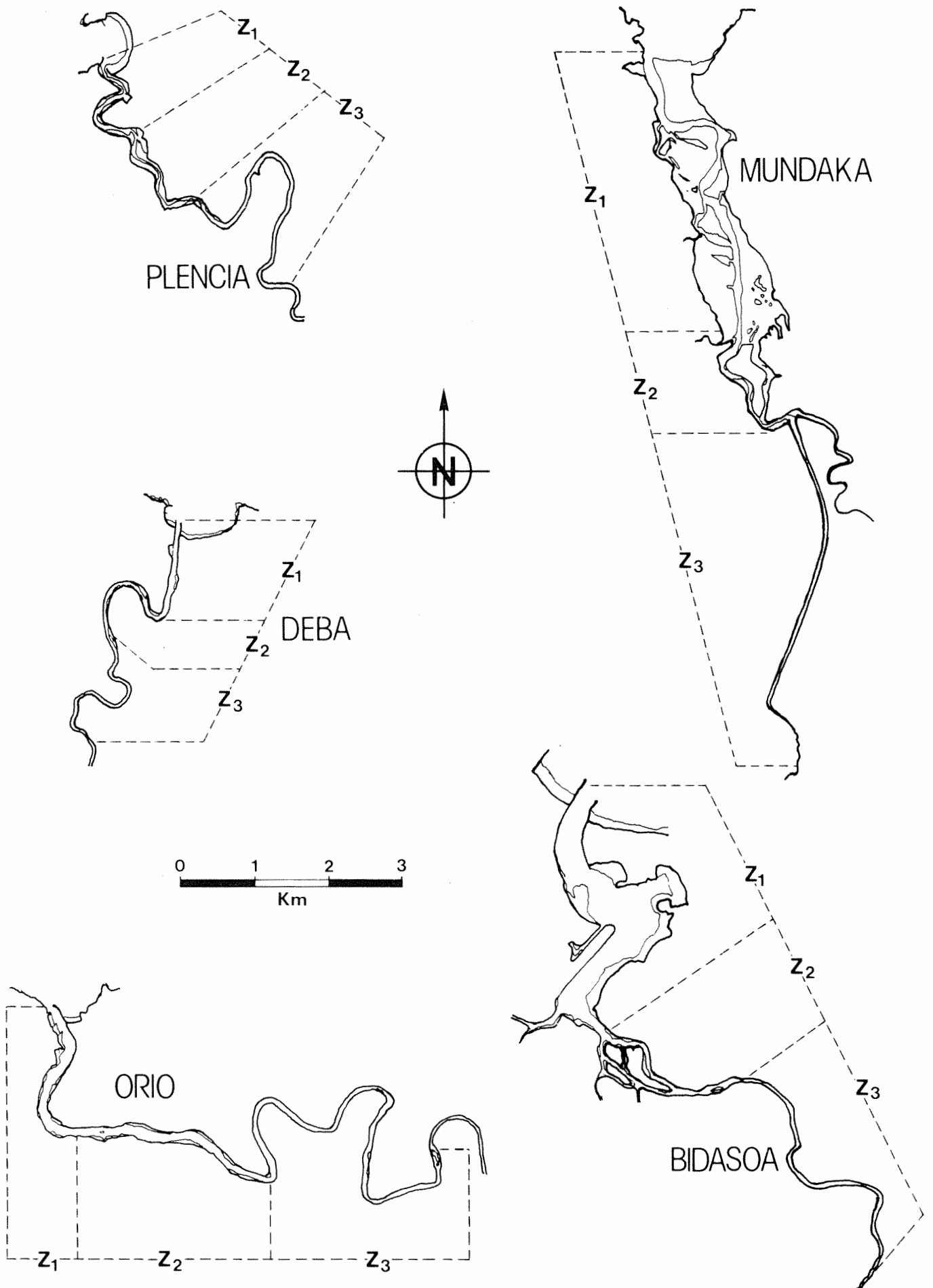


Fig. 3. División en zonas de las diferentes rías. Z<sub>1</sub>= Zona 1, Z<sub>2</sub>= Zona 2, Z<sub>3</sub>= Zona 3.

	LONGITUD (m)	SECCION DE LA BOCA (m <sup>2</sup> )	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	AREA (Km <sup>2</sup> )	VOLUMEN MEDIO (V) (m <sup>3</sup> )	PRISMA MAREAL MEDIO (Ω) (m <sup>3</sup> )	Ω / V	AREA DE LA CUENCA (Km <sup>2</sup> ) AREA DEL ESTUARIO (Km <sup>2</sup> )
PLENCIA	8000	409	3.07	0.38	694400	833500	1.20	507.89
MUNDAKA	12500	1286	2.59	1.89	3293100	4858300	1.47	74.04
DEBA	5525	200	2.11	0.22	348300	388200	1.11	2072.72
ORIO	11650	720	3.62	0.85	2096500	2039800	0.97	881.17
BIDASOA	11170	1187	4.33	2.30	7051200	5941900	0.84	340.50

Tabla 2: Principales características morfológicas de los cinco sistemas estuáricos.

### PLENCIA

El estuario de Plencia se forma en la desembocadura del río Butrón que, junto con sus afluentes, drena un área de unos 190 km<sup>2</sup>.

El estuario propiamente considerado tiene aspecto meandriforme y una longitud de unos 8 km, desde la desembocadura en la bahía de Plencia hasta la presa de Arbina, límite de la influencia de la marea.

La zona exterior se encuentra en su mayor parte canalizada y su lecho, fundamentalmente arenoso, es sometido a dragados esporádicos. La zona media, menos profunda y de mayor anchura, también se halla parcialmente limitada por muros de contención. En la zona anterior, que es la de mayor longitud, los márgenes no han sido modificados. Está constituida por un estrecho canal de naturaleza fangosa bordeado por pequeñas áreas de inundación mareal ocupadas por vegetación halófila.

### MUNDAKA

El estuario de Mundaka se forma en la desembocadura del río Oka recibiendo, además, directamente los aportes del Mape y el Golako. En conjunto, este sistema drena una superficie de unos 140 km<sup>2</sup>.

El estuario tiene una longitud total superior a los 12 km, desde Mundaka, donde se encuentra la desembocadura, hasta las cercanías de Gernika, donde se halla el límite de mareas.

La zona exterior es la más amplia del estuario, con más de 1.000 m de anchura en algunos puntos y con extensos arenales que quedan al descubierto con marea baja. Hay también una zona de sedimentos limosos y zonas de marisma dominadas por *Spartina maritima*. En la zona media, con una marisma más desarrollada, aparecen zonas sólo cubiertas por agua en pleamares vivas. La zona anterior está constituida por un cauce artificial de unos 15 m de anchura media, que se une al cauce del río Oka a la altura de Gernika.

### DEBA

El estuario de Deba se forma en la desembocadura del río del mismo nombre que, junto a sus principales tributarios

(Ego, Oñati,...), drena un área total de unos 456 km<sup>2</sup>. La longitud del estuario es de unos 5.5 km, desde Sasiola, donde se encuentra el límite mareal, hasta la desembocadura en Deba.

La zona exterior se halla canalizada en su tramo final, siendo el sedimento fundamentalmente fangoso con algunos depósitos de arena. Las zonas media y anterior no han sufrido modificaciones en sus márgenes, presentando sedimentos fangosos con abundantes cantos rodados la primera y un sustrato fundamentalmente pedregoso la segunda.

### ORIO

El estuario de Orio se forma en la desembocadura del río Oria, cuya cuenca es de unos 749 km<sup>2</sup> y a lo largo de sus 11 km, desde el límite de marea en Usúrbil hasta la desembocadura, el estuario va tomando un característico perfil meandriforme.

En la zona más externa los márgenes han sido modificados en su mayor parte y los sedimentos son fundamentalmente arenosos. Hacia el interior aumenta el componente fangoso, que es el predominante en las zonas media y anterior. Esta última está constituida por un canal estrecho y en algunos tramos más profundo que la zona media. En la parte superior el lecho es fundamentalmente pedregoso.

### BIDASOA

El estuario de Bidasoa, de unos 11 km. de longitud, se forma en la desembocadura del río del mismo nombre, que discurre por una cuenca de drenaje de unos 689 km<sup>2</sup>, siendo uno de los más caudalosos del País Vasco.

La zona exterior, que incluye la Bahía de Txingudi, es el tramo de mayor profundidad (superior a 5 m) y anchura (hasta 1.000 m) dominando sedimentos arenosos hacia el exterior y los fangosos hacia el interior. En la zona media el estuario se divide en una serie de canales que delimitan islas con abundante vegetación halófila. En este tramo los sedimentos son muy heterogéneos. La zona anterior, en parte canalizada, presenta un sustrato compuesto fundamentalmente por cantos rodados.

### Metodología

La determinación de las dimensiones estuáricas se reali-

zó con la ayuda de mapas y fotografías aéreas.

Para la obtención de los datos de profundidad y perfiles de salinidad (determinada con un salinómetro de campo WTW LF 191) se efectuaron transectos en marea alta y baja en octubre de 1988 (mareas vivas) y julio de 1989 (mareas muertas). El pequeño tamaño de estos estuarios, permite que se realicen los muestreos aproximadamente en las mismas condiciones de marea en todas las estaciones de cada uno de ellos, realizándose cada transecto longitudinal en unas dos horas.

El estudio de las variaciones inducidas por la marea sobre el nivel del agua se efectuó mediante la utilización de escalas graduadas que se colocaron en cuatro puntos a lo largo de cada estuario. En estos cuatro puntos se medía el cambio en el nivel del agua simultáneamente en los cinco estuarios a intervalos de aproximadamente 10 minutos durante un semiperíodo de marea en mayo (mareas muertas) y junio (mareas vivas) de 1989. Conjuntamente se tomaban muestras superficiales de agua para la determinación de la salinidad.

Los datos de caudal fueron facilitados por el Servicio de Aforos de la Confederación Hidrográfica del Norte de España y por el Departamento de Urbanismo y Medio Ambiente de la Diputación Foral de Vizcaya. Para el caso del río Butrón, y ante la inexistencia de tales datos, se calcularon caudales teóricos en base a la relación entre el área de la cuenca y el caudal, tomando como referencia los otros cuatro sistemas fluviales considerados.

El coeficiente de estratificación se calculó mediante la fórmula:

$E = (S_f - S_s) / S_m$ ; donde E= coeficiente de estratificación;  $S_f$ = salinidad en el fondo;  $S_s$ = salinidad en superficie;  $S_m$ = salinidad media.

Para el cálculo del tiempo de flujo en los muestreos de octubre y julio se utilizó la siguiente fórmula (KETCHUM, 1983):

$T = f \cdot V / C$ ; donde f es el factor de dilución, calculándose mediante la fórmula (BOWDEN, 1963):

$f = (S_s - S_m) / S_s$ ; siendo  $S_s$ = salinidad del agua marina;  $S_m$ = salinidad media del segmento; V= volumen medio; C= caudal del río.

Se calculó, además, el tiempo de flujo teórico, resultante de la relación entre el volumen medio y las medias mensuales máximas y mínimas de caudal para condiciones de mareas vivas y muertas.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### MAREAS Y REGIMEN SALINO

La onda mareal es, en todos los casos, de tipo estática (figuras 4 a 7). Este tipo de onda se caracteriza por mostrar los mayores flujos a mitad de los procesos de subida y bajada (KETCHUM, 1983). Tan sólo en Plencia y Mundaka se dan pequeños desfases en bajamar. Todo esto es característico de estuarios que, como los estudiados, son de corto recorrido y con buena comunicación con el mar (STRAHLER, 1986). En estos estuarios, esto es válido para explicar la pequeña disminución observada en la amplitud mareal en las estaciones más exteriores, mientras que en las anteriores es la pendiente el factor que mejor explica tanto el retraso en el comienzo de la ascensión mareal como la disminución en la magnitud de la marea. En Deba la pendiente cobra especial importancia a partir de la mitad del estuario, mientras que en Plencia, Mundaka y Bidasoa este efecto se observa sólo en su parte superior.

También la salinidad muestra una evidente disminución hacia las zonas anteriores, si bien este patrón no se ajusta al esperado según las variaciones de la amplitud de la marea (figuras 4 a 7). Así, observamos que, a menudo, diferentes puntos que exhiben una misma amplitud mareal muestran valores de salinidad notablemente dispares. Esto puede ser debido a que, por una parte, como queda reflejado en otros trabajos (GOBIERNO VASCO, 1986), en las zonas superiores de estos sistemas existe un flujo casi continuo de agua dulce en superficie, y en segundo lugar, puede que no se de una verdadera mezcla, sino una retención de la masa de agua en la parte anterior. Esto explicaría además que, por una parte, los máximos de salinidad se observen antes de la pleamar, cuando la turbulencia es también máxima, y por otra, que, en la mayoría de los casos, la salinidad comience a descender un poco antes de alcanzarse la pleamar (lo cual se va haciendo más evidente a medida que nos adentramos en el estuario), consecuencia del proceso de dilución del agua retenida en estas zonas.

Las diferencias observadas entre mareas vivas y muertas (figuras 5 a 7) son principalmente dos. Por una parte, en mareas muertas la mezcla es más o menos gradual, mientras que en las vivas el cambio de salinidad es más brusco. En segundo lugar, las diferencias entre la salinidad máxima y la mínima son por lo general mayores en mareas vivas.

Las pequeñas fluctuaciones de salinidad observadas en cortos espacios de tiempo, que aparecen fundamentalmente en mareas muertas, son debidas a los diferentes patrones de circulación de las dos masas de agua que se mezclan. Este fenómeno se observa más en los puntos intermedios que en los extremos, ya que en estos últimos hay un claro predominio del agua procedente del mar o bien de la de origen fluvial.

En la figura 8 se observan los patrones de salinidad y estratificación para los muestreos de octubre de 1988 y julio de 1989. En mareas muertas se incrementa la estratificación en la columna de agua, observándose a su vez valores generalmente superiores en bajamar. Mientras los estuarios de Plencia y Mundaka se encontraron bien mezclados a excepción de la parte superior en mareas muertas, los de Deba, Orio y Bidasoa estaban, por lo general, bastante estratificados. Así, en Deba, la máxima estratificación aparece en pleamar de las mareas muertas, con valores superiores a 1.6 en el tramo medio. Por último, en Bidasoa, es de destacar el progresivo aumento que sufre la estratificación a medida que nos adentramos en el estuario, registrándose valores cercanos a 1.4 en el punto interior en pleamar y mareas muertas. Este aumento de estratificación en los tramos superiores es una tendencia que, salvo alguna excepción, es general para los cinco estuarios estudiados.

### PRISMAS MAREALES Y TASAS DE RENOVACION

Los prismas en mareas vivas son considerablemente superiores (de 3 a 5 veces) a los de mareas muertas (tabla 3). La relación Prisma/Volumen (media bajamar-pleamar) nos da una idea de la renovación estuárica por efecto de la marea. En mareas vivas, en todos los casos esta relación es superior a 1, indicándonos que la renovación teórica del estuario es total en cada ciclo de marea. Sin embargo, en mareas muertas, en ningún caso se alcanza el valor de 1 disminuyendo, por lo tanto, la renovación del estuario a expensas del agua marina. Esto es válido tanto considerando los estuarios en su totalidad como cada uno de sus diferentes tramos (tabla 4).

Comparando los cinco estuarios podemos establecer que es en Mundaka donde se produce siempre la mayor re-

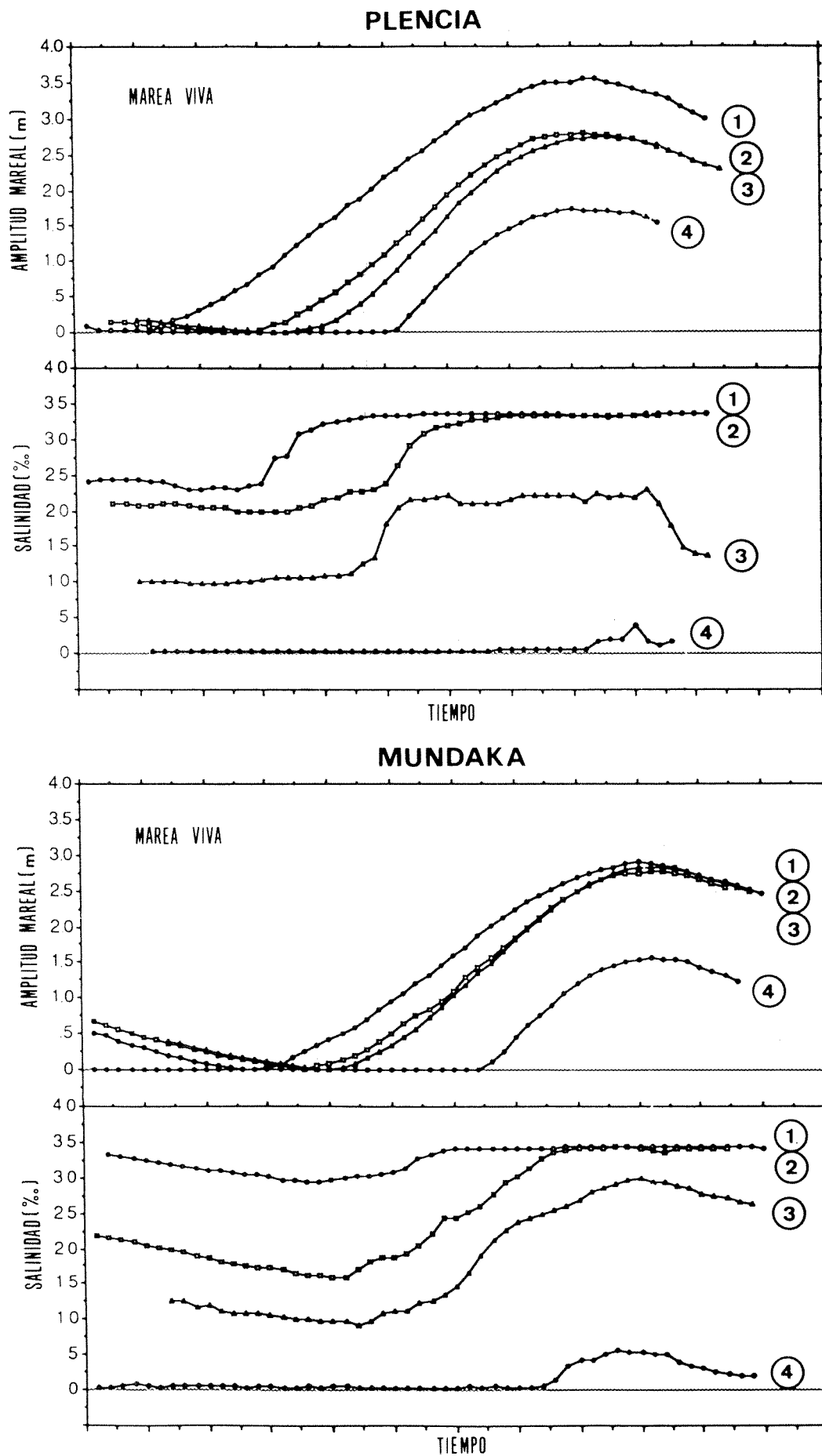


Fig. 4. Amplitudes mareales y salinidades en superficie para los 4 puntos de muestreo en las rías de Plencia y Mundaka (mareas vivas).

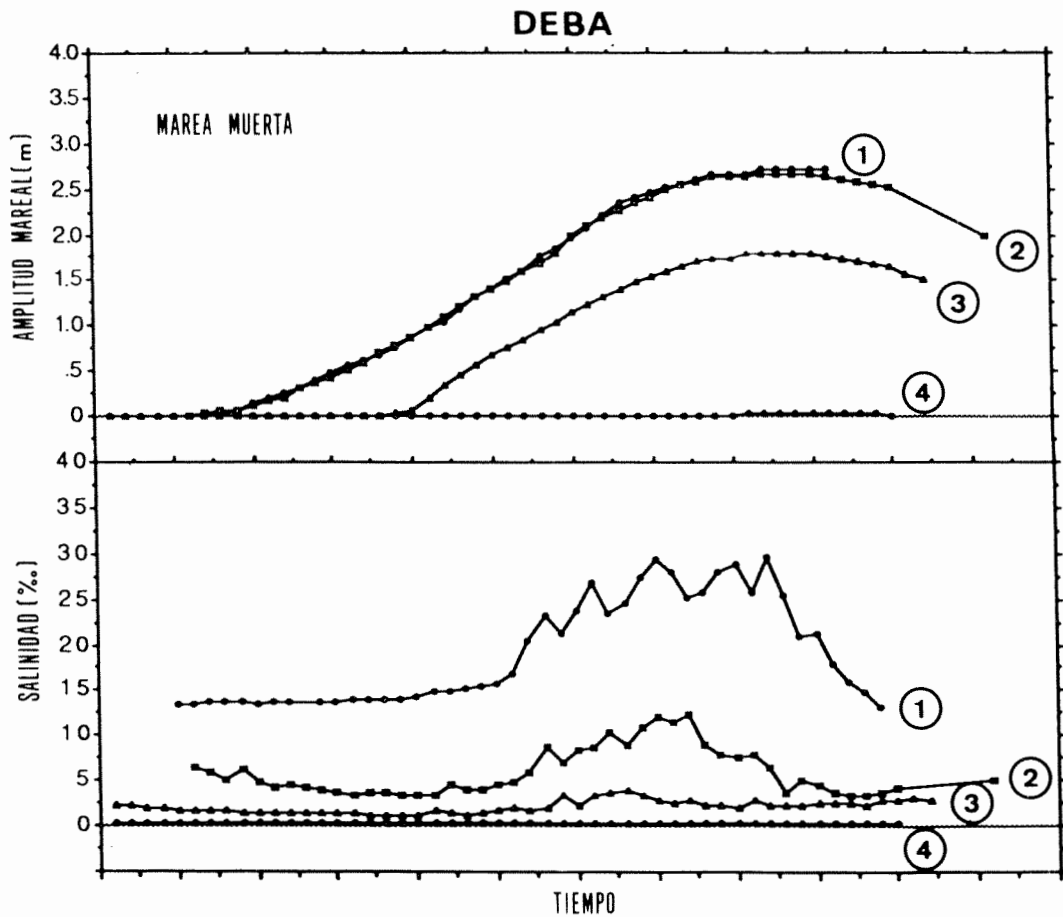
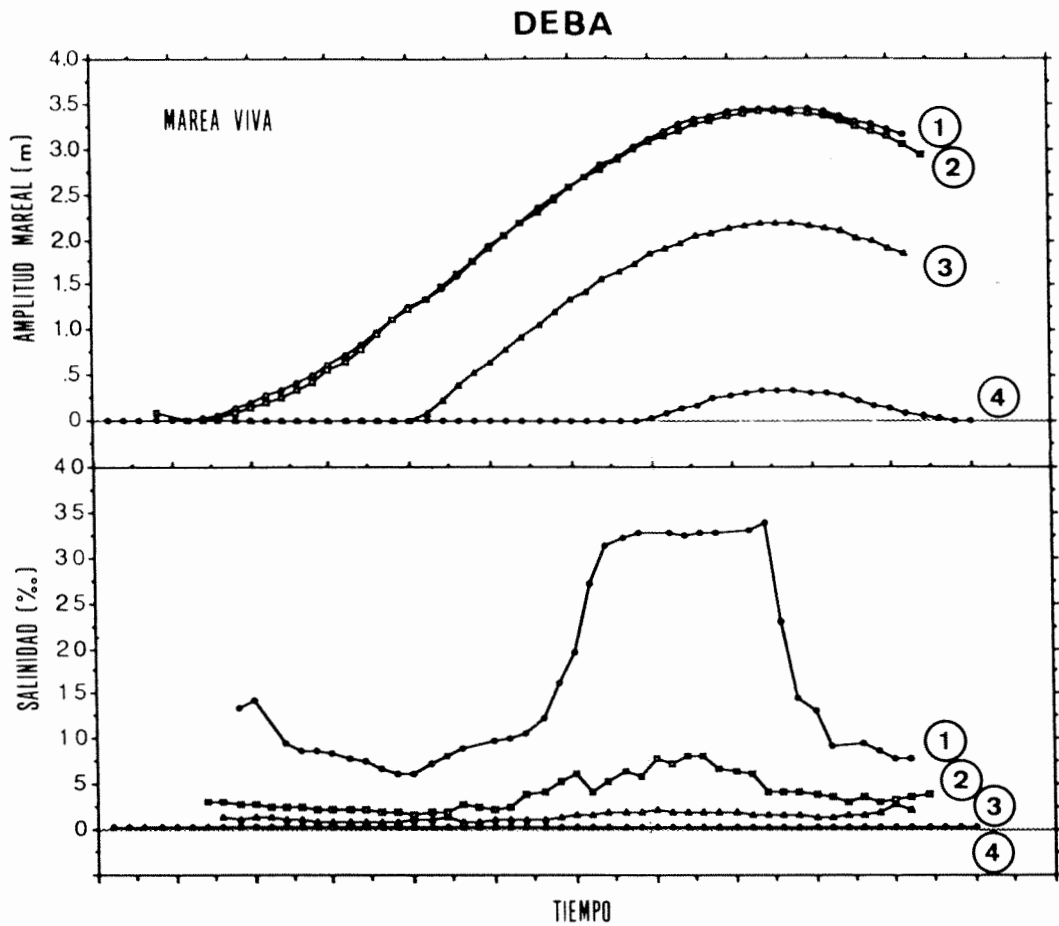


Fig. 5. Amplitudes mareales y salinidades en superficie para los 4 puntos de muestreo en la ría de Deba (mareas vivas y muertas).



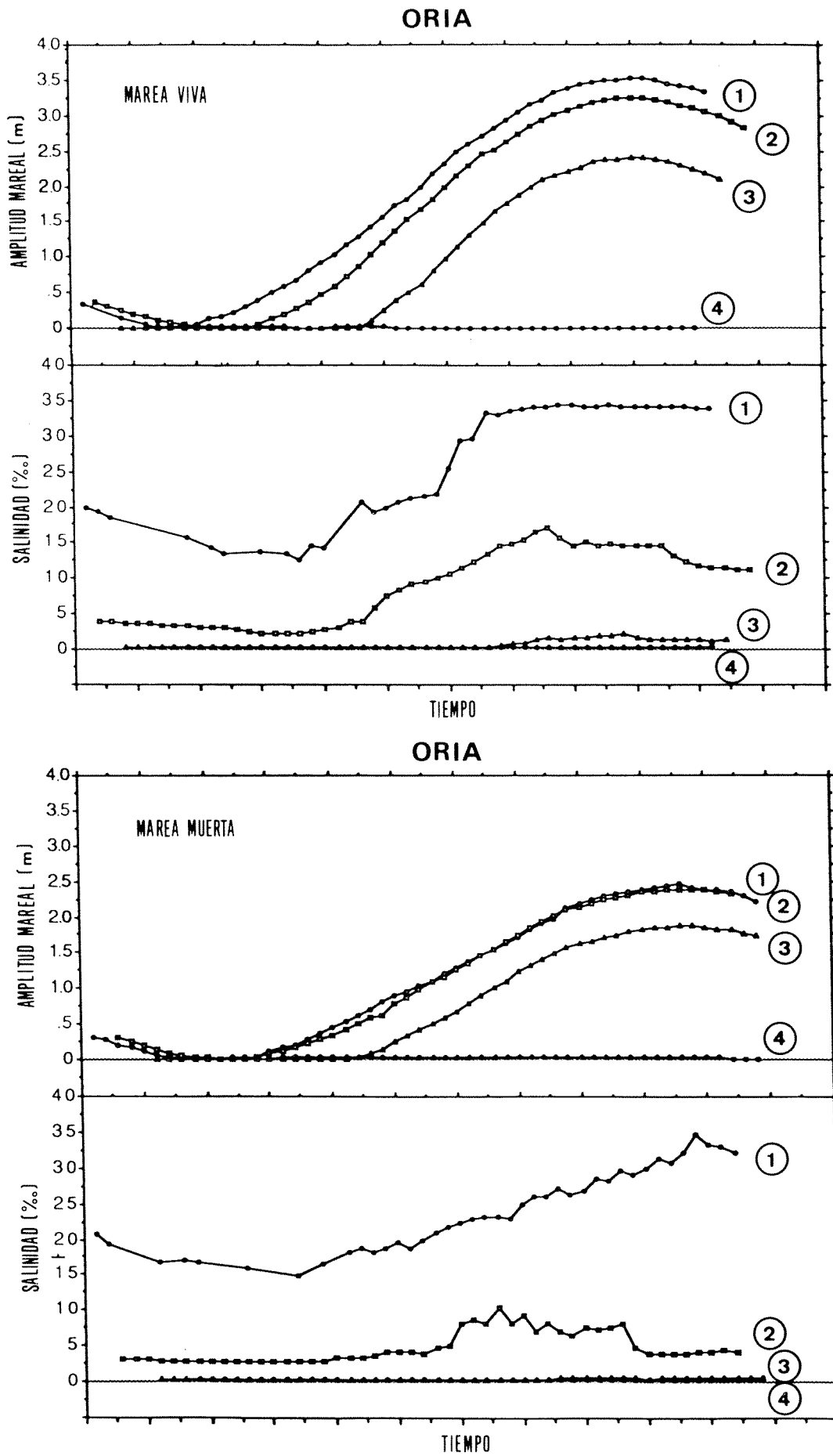


Fig. 6. Amplitudes mareales y salinidades en superficie para los 4 puntos de muestreo en la ría de Orío (mareas vivas y muertas).

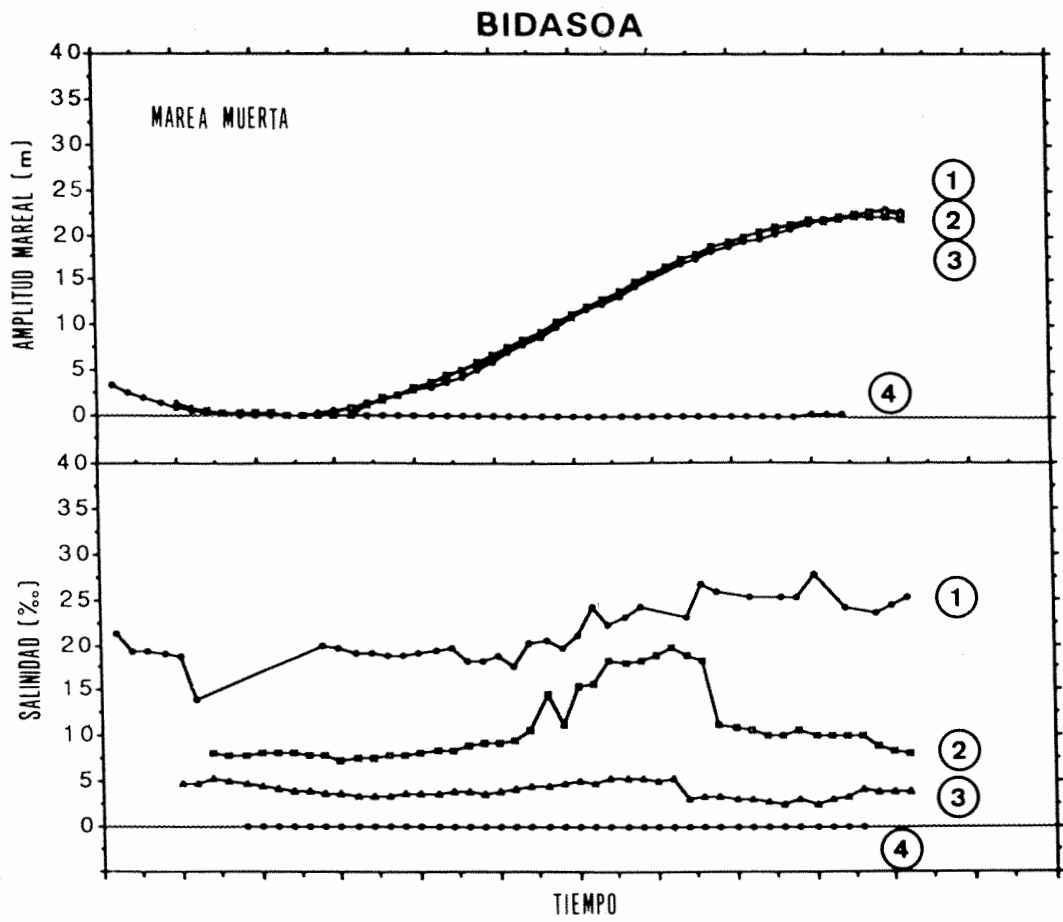
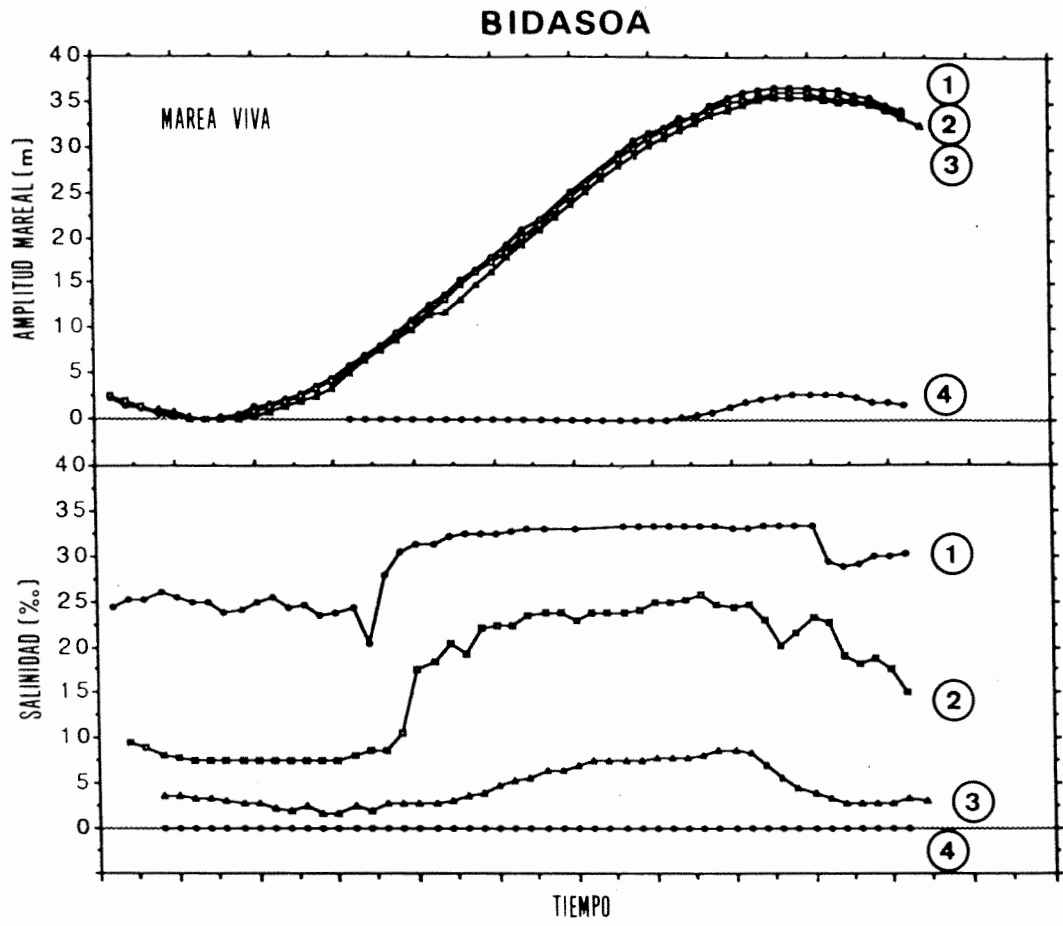


Fig. 7. Amplitudes mareales y salinidades en superficie para los 4 puntos de muestreo en la ría de Bidasoa (mareas vivas y muertas).

COEFICIENTE DE ESTRATIFICACION

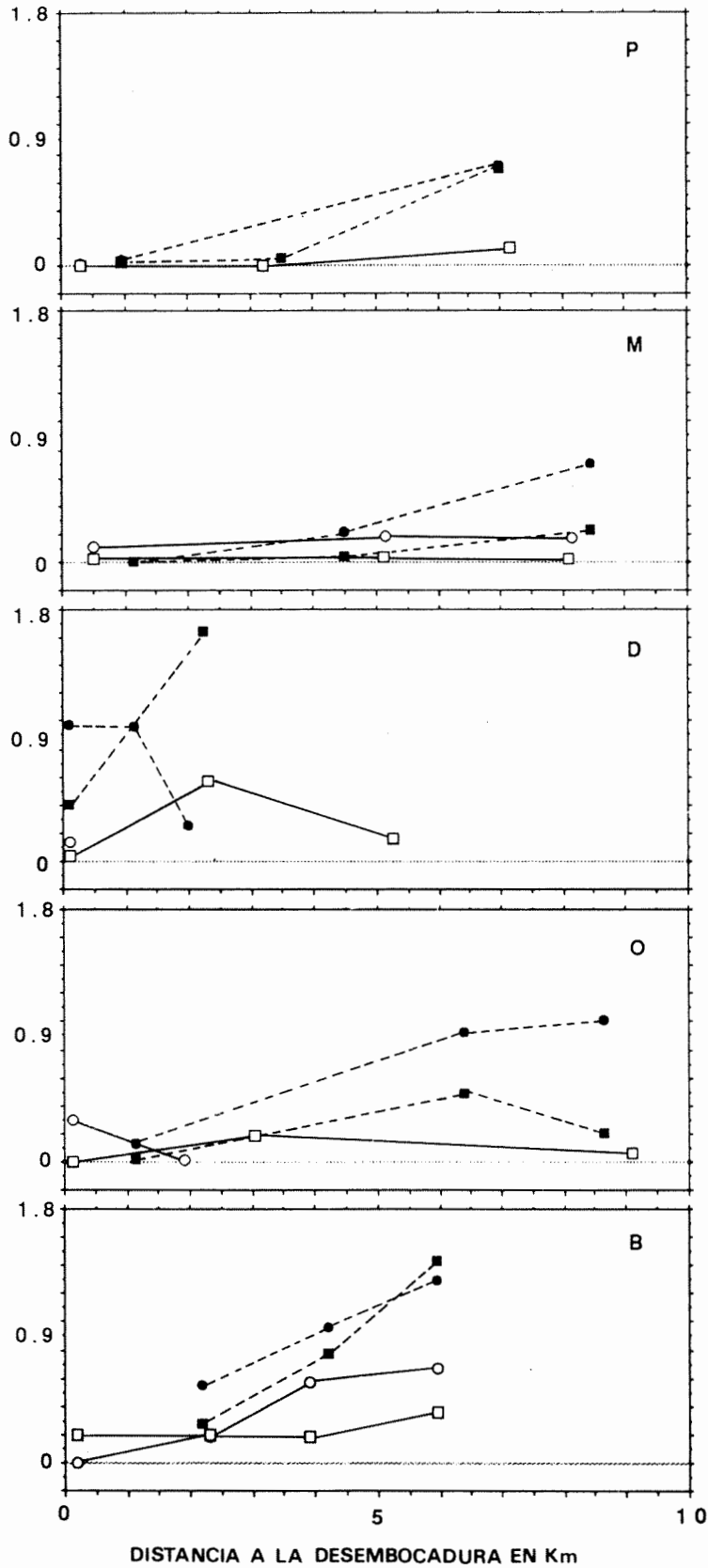


Fig. 8. Valores del coeficiente de estratificación en los muestreos de octubre de 1988 (símbolos claros) y de julio de 1989 (símbolos oscuros), en pleamar (cuadrados) y bajamar (círculos). P= Plencia, M= Mundaka, D= Deba, O= Orio, B= Bidasoa.

	<u>MAREA VIVA (4.65 m)</u>				<u>MAREA MUERTA (0.85 m)</u>			
	PRISMA ( $\Omega$ ) (m <sup>3</sup> )	$\Omega / V$	V/C máx. (días)	V/C mín. (días)	PRISMA ( $\Omega$ ) (m <sup>3</sup> )	$\Omega / V$	V/C máx. (días)	V/C mín. (días)
<b>PLENCIA</b>	1372800	1.73	1.07	11.45	294100	0.49	0.81	8.64
<b>MUNDAKA</b>	7222100	1.89	29.41	581.55	2494400	0.90	21.31	421.47
<b>DEBA</b>	642300	1.71	0.13	0.83	134100	0.42	0.11	0.71
<b>ORIO</b>	3249000	1.48	0.51	8.01	829700	0.41	0.46	7.33
<b>BIDASOA</b>	9745700	1.31	1.68	20.49	2138100	0.32	1.53	18.63

Tabla 3: Prismas mareales y relaciones entre prisma mareal y volumen medio y entre volumen medio y caudal medio mensual máximos y mínimos en mareas vivas y en mareas muertas.

RIA	MAREA VIVA			MAREA MUERTA		
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
<b>PLENCIA</b>	1.82	1.99	1.45	0.50	0.73	0.36
<b>MUNDAKA</b>	1.90	1.07	1.60	0.96	0.66	0.42
<b>DEBA</b>	1.69	1.78	1.64	0.39	0.48	0.34
<b>ORIO</b>	1.28	1.70	1.55	0.40	0.44	0.41
<b>BIDASOA</b>	1.30	1.51	1.19	0.31	0.40	0.28

Tabla 4: Valores del cociente Prisma Mareal/Volumen para cada zona en las diferentes rias.

	<u>TIEMPO DE FLUJO (días)</u>	
	JULIO	OCTUBRE
<b>MUNDAKA</b>	96.97	119.3
<b>DEBA</b>	0.11	0.27
<b>ORIO</b>	3.48	4.97

Tabla 5: Tiempos de flujo calculados para los días de muestreo.

novación por efecto de las mareas. En el otro extremo, la gran masa de agua de la Bahía de Txingudi, en el estuario de Bidasoa, hace que en este sistema disminuya la importancia relativa del prisma mareal, como factor de renovación.

Teniendo en cuenta cada tramo, es la zona media la que generalmente presenta tasas de intercambio mareal más elevadas debido a su escasa profundidad. Una excepción a esto lo constituye el estuario de Mundaka, en el que la máxima renovación por efecto de las mareas se da en el tramo exterior.

#### TIEMPOS DE FLUJO

El tiempo de flujo es una medida de la magnitud del caudal fluvial en relación con el volumen estuárico.

Los tiempos de flujo calculados para las condiciones de los días de muestreo se dan en la Tabla 5, a excepción de Plencia y Bidasoa para los que no se contaba con los correspondientes datos de caudal. Como se puede observar, este parámetro es del orden de horas en Deba, de días en Orío y de meses en Mundaka. En los tres casos se obtuvieron valores inferiores durante las mareas muertas de julio.

RIA	MAREA VIVA			MAREA MUERTA		
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
PLENCIA	0.38	0.30	0.39	0.30	0.17	0.33
MUNDAKA	25.46	2.36	1.58	18.40	1.55	1.36
DEBA	0.07	0.04	0.01	0.06	0.03	0.01
ORIO	0.22	0.17	0.12	0.21	0.15	0.10
BIDASOA	1.46	0.16	0.07	1.34	0.13	0.06

Tabla 6: Valores en días del cociente Volumen/Caudal máximo medio mensual para cada zona en las diferentes rías.

RIA	MAREA VIVA			MAREA MUERTA		
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
PLENCIA	4.11	3.22	4.12	3.22	1.86	3.56
MUNDAKA	503.51	46.77	31.26	363.80	30.69	26.90
DEBA	0.45	0.28	0.10	0.40	0.23	0.09
ORIO	3.43	2.67	1.91	3.36	2.35	1.62
BIDASOA	17.76	1.85	0.81	16.29	1.57	0.76

Tabla 7: Valores en días del cociente Volumen/Caudal mínimo medio mensual para cada zona en las diferentes rías.

Con objeto de comparar los diferentes estuarios y las condiciones extremas que puedan darse en cada uno de ellos, se determinaron las relaciones entre el volumen medio de los mismos (en mareas vivas y muertas) y los caudales medios mensuales máximos y mínimos (tabla 3). Las relaciones más bajas se obtienen al comparar los caudales máximos con los volúmenes medios en marea muerta y los más elevados para las mareas vivas frente a los caudales mínimos. Como ya se ha comentado, para el caso de Plencia, al no existir datos de caudales del río Butrón, se extrapolaron los datos a partir de los demás ríos estudiados. Se pueden apreciar grandes diferencias entre los sistemas considerados. Así, mientras en Deba es suficiente un día para llenar el estuario con agua del río (tanto en mareas vivas como en muertas), en Mundaka, como mínimo, hacen falta tres semanas para renovar el agua dulce del estuario, necesitando año y medio con mareas vivas y caudal mínimo.

Teniendo en cuenta los diferentes tramos (tabla 6 y 7), se puede apreciar que, a excepción de Plencia, en los demás estuarios es la zona exterior la que presenta los mayores tiempos de flujo debido a su elevado volumen. En Plencia, la elevada profundidad del tramo interior hace que sea en este último donde aparezcan los mayores valores.

Los elevados tiempos de flujo, como en el caso de Mundaka, permitirían un mayor aprovechamiento en el estuario de los nutrientes aportados por el río, con lo que la exporta-

ción de éstos hacia las zonas costeras adyacentes ha de ser baja o bien realizarse en forma de material particulado, ya sea materia viva o detritos. Este material podría también sedimentar en el estuario y ser reciclado por organismos bénticos. En el caso contrario, como sugiere DYER (1979), la disminución del tiempo de flujo implica que el estuario no puede aprovechar los materiales aportados. Este parece ser el caso de Deba, donde el escaso tiempo de flujo hace difícil la utilización de los nutrientes en el propio estuario, lo que podría limitar la producción primaria dentro del sistema estuárico, incrementándose, sin embargo, en las áreas costeras próximas.

Ahora bien, la residencia del agua dulce en el estuario no dependerá única y exclusivamente del tiempo de flujo, sino que además hay que tener en cuenta otros factores, como son el intercambio mareal (relación  $\Omega/V$ ) y el grado de estratificación.

Generalmente, cuanto mayor es la magnitud del prisma, mayor es el intercambio de sustancias entre el agua dulce y la marina (KNOX, 1986). Así, un elevado valor en la relación  $\Omega/V$  supondría una disminución en el tiempo de residencia del agua dulce en el estuario.

En cuanto a la estratificación, valores elevados de este parámetro implican un menor tiempo de residencia del agua dulce, ya que ésta, al ser menor la mezcla, fluye por encima

del agua marina, más densa, situada en la capa inferior de la columna de agua.

## CONCLUSIONES

La mayor tasa de renovación del agua dulce se da en Deba, donde se conjugan los efectos de un mínimo tiempo de flujo, considerable estratificación y moderada relación  $\Omega/V$ .

En Mundaka, a pesar de encontrarse el mayor tiempo de flujo y estar generalmente bien mezclado, el elevado valor del cociente  $\Omega/V$  implica un intercambio del agua dulce mayor del que en un principio cabría esperar.

En los otros tres sistemas considerados, las tendencias no son tan evidentes. En Bidasoa, el elevado volumen estuárico resta importancia relativa tanto al prisma mareal como al aporte fluvial, aunque la estratificación generalmente observada podría compensar en parte el aumento del tiempo de residencia que esto implicaría.

Orio y Plencia se hallarían en posiciones intermedias, pero mientras en Orio tendrían más importancia relativa el tiempo de flujo y la estratificación, en Plencia sería el intercambio mareal el factor preponderante.

Teniendo en cuenta los diferentes tramos considerados se observa que en las zonas superiores coinciden bajos valores tanto de tiempo de flujo como de intercambio mareal. Por otra parte la tasa de renovación se ve acentuada por la notable estratificación que, generalmente, muestran estos tramos. En general es de esperar que en la zona media se den elevadas tasas de renovación al coincidir el máximo intercambio mareal con valores relativamente bajos de tiempo de flujo.

Por último, en las zonas externas pierde importancia relativa el intercambio mareal y se incrementan los valores relativos al tiempo de flujo, no existiendo apenas estratificación. Mundaka, constituye una excepción a esta tendencia, ya que es en el exterior donde se observa el mayor intercambio mareal.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BOWDEN, K.F. 1983. Circulation and diffusion. In: G.H. Lauff (Ed.). *Estuaries*. Am. Assoc. Adv. Sci. Washington DC. 15-36.
- CRUZ-SAN JULIAN, J.J., GARCIA MONDEJAR, J & PUJALTE, V. 1984. Las playas de los estuarios de Vizcaya: su dinámica y alteraciones antropogénicas. *Thalassas*, 2: 35-42.
- DYER, K.R. 1979. Estuaries and estuarine sedimentation. In: Dyer, K.R. (ed). *Estuarine hydrography and sedimentation*. Cambridge University Press. Cambridge. 1-18.
- ELOSEGUI, A., J. POZO & E. ORIVE 1987. "Plankton pulses in a temperate coastal embayment during the winter-spring transition". *Est. Coast. Shelf Sci.* 24: 751-764.
- EUSKOIKER. 1985. *Estudio oceanográfico del Abra de Bilbao y su entorno*. Informe final. Gobierno Vasco. Diputación de Vizcaya y Consorcio de Aguas de Bilbao (Informe de uso restringido).
- GARCIA, C. 1989. *Variabilidad diaria de una floración estival de *Skeletonema costatum* en la bahía de Plencia*. Tesis de licenciatura. Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Facultad de Ciencias. U.P.V./E.H.U. 65 pp. (Inédita).
- GOBIERNO VASCO. 1986. *Estudio oceanográfico de la Ría de Mundaka*. Colección Itxaso, 3. Departamento de Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco. 205 pp.
- KETCHUM, B. 1983. *Ecosystems of the World, 26: Estuaries and Enclosed Seas*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. 500 pp.
- KNOX, G.A. 1986. *Estuarine ecosystems: A systems approach*. Vol II. CRC Press, Florida, 230 pp.
- MADARIAGA I. de & E. ORIVE 1989. Spatio temporal variations of size-fractioned primary production in the Gernika estuary. *Jour. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 127: 273-288.
- ORIVE, E., SANTIAGO, J. & F. VILLATE. 1984. Variabilidad de algunos parámetros físicos y biológicos en la ría de Mundaka. *Cuadernos de la Area de Ciencias Mariñas*, 1: 129-138.
- PRITCHARD, D.W. 1967. What is an estuary: Physical view-point. In: *Estuaries*. G.H. Lauff (ed.) Amer. Assoc. Adv. Sci. Whashington.
- STRAHLER, A. N. 1986. *Geografía Física*. Ed. Omega S.A. Barcelona. 767 pp.
- URRUTIA, J. 1986. *Estudio de la estructura y funcionamiento del Estuario del Nervión en relación a la dinámica fitoplanctónica*. Tesis doctoral. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. U.P.V./E.H.U. 279 pp. (Inédita).
- VILLATE F., 1987. *Estudio ecológico del zooplancton en un sistema costero-estuárico (El Abra de Bilbao): estructura de la comunidad, dinámica temporal y organización espacial de las poblaciones*. Tesis doctoral. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. U.P.V./E.H.U. 243 pp. (Inédita).
- VILLATE, F. & E. ORIVE. 1981. Abundancia y distribución de las poblaciones de cladóceros en el estuario de Plencia. *Inv. Pesq.*, 45(2): 327-336.