

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
10	1976

06.76.03

CNEA-NT 15/76

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

GERENCIA PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD
DIVISION ESTUDIOS AMBIENTALES

INCORPORACION DE RADIOCESIO POR
ORGANISMOS MARINOS

D. CANCIO, J.A. LLAURO
con la colaboración técnica de
J.J. BUONO, R. CAPITOLI y J.A. IBÁÑEZ

BUENOS AIRES
1976

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

INCORPORACION DE RADIOCESIO POR
ORGANISMOS MARINOS

D. CANCIO*, J.A. LLAURO*
con la colaboración técnica de
J.J. BUONO⁺, R. CAPITOLI⁺ y J.A. IBÁÑEZ*

RESUMEN: Se presentan los resultados de experiencias de laboratorio realizadas para la determinación de Factores de Concentración y estudio de la modalidad de incorporación y eliminación de Cs-137 en biota marina.

En el caso de las algas, celenterados y moluscos ensayados se obtuvieron las necesarias condiciones de equilibrio para definir los Factores de Concentración por el método clásico. En los peces y crustáceos no fué posible obtener ese estado en los tiempos de experimentación utilizados pese a que la duración de los ensayos puede considerarse como la máxima compatible con estudios de laboratorio (hasta 248 días para los peces). En estos casos de no equilibrio se obtuvieron los Factores de Concentración utilizando un método alternativo basado en integrales temporales de concentración.

Para fines comparativos se presentan algunos resultados determinados por ambos métodos.

Los Factores de Concentración obtenidos para organismos enteros oscilan alrededor de 12 en peces, entre 9 y 21 en crustáceos, 7 para moluscos, 6 para celenterados y entre 1,4 y 37 para algas. El caparazón del molusco Mitylus platensis mostró no concentrar radiocesio, mientras que se obtuvo para sus tejidos blandos un factor de 7. En exoesqueleto y tejidos blandos del crustáceo Artemesia longinaris se hallaron Factores de Concentración de 14,9 y 31,3 respectivamente.

Todos los organismos estudiados mostraron eliminar exponencialmente el radiocesio acumulado.

* COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA-Buenos Aires
+ INSTITUTO DE BIOLOGIA MARINA-Mar del Plata.

INCORPORACION DE RADIOCESIO POR ORGANISMOS MARINOS

D.CANCIO, J.A.LLAURO

con la colaboración técnica de
J.J.BUONO, R. CAPITOLI, J.A.IBAÑEZ

1.- INTRODUCCION

Cuando se liberan desechos radiactivos al medio ambiente, los radionucleídos que los constituyen son dispersados en los medios primarios, tales como la atmósfera y aguas superficiales. Si bien existe dilución de los contaminantes son conocidos distintos procesos que pueden implicar una reconcentración de los radionucleídos (1) (2). Por estos motivos algunos constituyentes de la biósfera, desde el punto de vista de la protección radiológica, pueden considerarse como vías "críticas" para la irradiación humana (3) y deben tenerse en cuenta en las evaluaciones ambientales que se realizan para establecer un programa de descargas de desechos al medio ambiente.

En los programas nucleares de Argentina existe en proyecto la construcción de instalaciones en su costa marítima.

En el caso de la eliminación en el medio marino, la contaminación de los organismos acuáticos resulta de particular interés dado que constituyen eslabones de cadenas alimentarias que pueden terminar en el hombre (2) (4). Por otra parte, la acumulación de nucleídos en la biota acuática permite su utilización como indicador de contaminación en los programas operativos de control ambiental.

Por estos motivos se comenzaron algunos estudios radioecológicos en colaboración con el Instituto de Biología Marina de Mar del Plata.

Dentro de los nucleídos que forman parte de los desechos producidos en la fisión nuclear, el Sr-90 y el Cs-137 tienen una gran importancia radiosanitaria derivada de su largo

período de semidesintegración y su ciclo de transferencia ambiental (1). Los estudios realizados sobre incorporación de radioestroneio en organismos marinos fueron objeto de un informe anterior (5). El presente trabajo se refiere a la determinación de parámetros de acumulación y a las modalidades de incorporación y eliminación de Cs-137 por distintas especies de algas, celenterados, moluscos, crustáceos y peces del litoral atlántico argentino.

2.- CONSIDERACIONES GENERALES

Para fines radiosanitarios el parámetro de transferencia habitualmente utilizado para expresar la capacidad de un organismo o tejido de acumular un radionucleído a partir de un ambiente contaminado es el Factor de Concentración (6) (7). En el caso de contaminación de biota marina este Factor está definido como la relación entre las concentraciones del radioisótopo en el organismo o tejido y en el precursor, generalmente agua de mar, en condiciones de equilibrio

$$F.C. = \frac{(a)}{(a')} \quad \text{donde:}$$

F.C. = Factor de Concentración

(a) = Concentración del radionucleído en el organismo o tejido.

(a') = Concentración del radionucleído en el medio precursor.

La definición del Factor de Concentración implica necesariamente condiciones de equilibrio dinámico, lo cual significa que las tasas de incorporación y de eliminación son iguales en el organismo o tejido en estudio.

El Factor de Concentración representa un valor máximo de acumulación lo cual en su utilización práctica podría significar una sobreestimación cuando no se alcanza esa situación de equilibrio en las condiciones naturales. Esto puede ser debido a los niveles variables de contaminación del medio, a los desplazamientos de los organismos a zonas no contaminadas, etc. Por otra parte la utilización del Factor de Concentración como parámetro de transferencia está sujeta a ciertas incertidumbres tales como la dificultad de extrapolación a condiciones naturales de los resultados de laboratorio, las variaciones de los ritmos metabólicos de las especies estudiadas, etc. (8).

Por lo expuesto, para fines de radioprotección suele ser suficiente la determinación del orden de magnitud de los Factores de Concentración en las especies de interés.

En experiencias de laboratorio la metodología habitual consiste en colocar los organismos en estudio en agua contaminada y analizar periódicamente los niveles de actividad del agua y de los organismos hasta verificar haber alcanzado condiciones de equilibrio. Una vez alcanzado ese estado se define el Factor de Concentración (Figura 1).

En el presente estudio se pudo obtener la situación de equilibrio para las especies de moluscos, celenterados y algas ensayados. En el caso de los peces y del crustáceo Artemesia longinaris (animal entero y tejidos blandos) no se alcanzó ese estado pese a que se experimentó durante tiempos relativamente prolongados en experiencias de este tipo. La dinámica de la contaminación de los últimos casos mencionados se muestra en las Figuras 2 a 7.

Esta situación de no obtener condiciones de equilibrio en experiencias de laboratorio ha sido informada por otros investigadores (7) (8) (9).

Para determinar los Factores de Concentración en estos casos se apeló a un método basado en integrales temporales de concentración. Este método fué empleado anteriormente en el terreno para especies de agua dulce (10).

De acuerdo con este modelo el Factor de Concentración resulta de la relación entre las integrales temporales de concentración en los organismos y en el agua, siempre que la integración se efectúe desde el comienzo de la contaminación hasta tiempo infinito. En la práctica esto significa que deben continuarse las mediciones hasta que la actividad tanto en el agua como en los organismos sean nulas luego de cesar la contaminación.

En las experiencias de laboratorio la metodología accesible consiste en la contaminación experimental del agua durante un cierto tiempo efectuando mediciones periódicas de la misma como así también de los organismos en estudio. Luego de interrumpida la contaminación puede asegurarse que el nivel de actividad en el agua

sea nulo renovándola continuamente y seguir la evolución de la actividad en los organismos hasta que la misma sea también nula (Figura 8). Estas últimas determinaciones pueden crear dificultades en la práctica, dado que la velocidad de eliminación del radionucleído para algunas especies puede ser lenta. No obstante se verifica que, en muchos casos, la dinámica de decontaminación de los organismos puede representarse por funciones conocidas, generalmente exponenciales. Este hecho permite, una vez establecidas dichas funciones, en base a suficientes mediciones periódicas, calcular la integral temporal sin necesidad de continuar las determinaciones hasta que no se detecte más actividad en los organismos.

Con este enfoque y método se realizaron las experiencias de laboratorio en los casos descriptos de no equilibrio.

Es importante remarcar la utilidad práctica de este método en el caso particular de los peces estudiados donde aún realizando ensayos en los máximos períodos compatibles con experiencias de laboratorio no se obtienen condiciones de equilibrio.

3.- PROCEDIMIENTOS Y CONDICIONES EXPERIMENTALES

Las especies utilizadas son comunes del litoral atlántico argentino, (11) a (17). La nómina de las mismas se muestra en la Tabla 1.

Todas las experiencias se llevaron a cabo en acuarios de 200 y 250 litros de capacidad regulándose convenientemente la aireación y manteniendo la temperatura en $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$. En general se utilizaron ejemplares jóvenes, los cuales fueron ambientados en estas condiciones durante alrededor de 30 días antes del comienzo de las experiencias. Los resultados se refieren a organismos enteros salvo en el caso de los moluscos y crustáceos donde además se efectuaron disecciones separando la fracción comestible.

Los acuarios fueron contaminados con soluciones de cloruro de Cesio 137 sin portador en agua marina. Para la determinación de los Factores de Concentración el agua de mar contaminada fué considerada como único precursor ya que los organismos fueron alimentados con dieta no contaminada.

Durante el transcurso de las experiencias se tomaron periódicamente muestras de agua y de las especies en estudio. La concentración del radiocesio se determinó por espectrometría gamma en condiciones geométricas normalizadas y se empleó un sistema analizador multicanal con cristal de pozo de ioduro de sodio (Tl) de 3"x3". En las experiencias que incluyeron la descontaminación de los organismos se trasladaron los mismos a acuarios con agua no contaminada, renovándola continuamente a fin de asegurar ausencia de radiactividad en el medio.

4.- RESULTADOS Y DISCUSION

En todas las experiencias realizadas ya sea utilizando el método del equilibrio o de las integrales temporales de concentración los niveles de Cs-137 en el agua de mar se mantuvieron constantes luego de los primeros días de experimentación.

Esta situación era previsible teniendo en cuenta por un lado la ausencia de sedimentos en los acuarios experimentales y por el otro las características fisicoquímicas del radioelemento el cual se mantiene en forma ionizada en el medio marino (18) (19).

4.1.- PECES Y CRUSTACEOS

Como ya fué indicado anteriormente tanto para las diferentes especies de peces como para el crustáceo A. longinarius no se obtuvieron condiciones de equilibrio durante el período de experimentación que osciló entre 100 y 250 días según las especies (Figuras 2 a 7). En dichas experiencias y para el caso de los peces M. opercularis, N. porosissimus y P. brasiliensis se observó una tasa de incorporación del radiocesio prácticamente constante a lo largo de toda la experiencia.

Al final del ensayo el máximo valor observado para la relación entre la concentración de Cs-137 en el pez y en el agua resultó de 8, 7 y 12 respectivamente.

Para el pejerrey (Austromenidia sp) luego de 150 días de experimentación la concentración de Cs-137 mostró una tendencia a estabilizarse hasta los 248 días de ensayo sin que alcance el equilibrio. En este momento la relación de concentración de radiocesio pez/agua alcanzó un valor de 12.

En el caso del camarón (A.longinaris) se observa una situación similar no alcanzándose equilibrio en todo el período ensayado tanto considerando el animal total como los tejidos blandos (relación máxima de concentración de radiocesio 35 y 50 respectivamente. La situación es distinta al considerar la fracción no comestible (exoesqueleto y cabeza) donde luego de unos 25 días de experimentación se alcanzó el equilibrio (Figura 9). Para este caso se pudo entonces definir el Factor de Concentración que resultó de 18,7.

Para los crustáceos y peces se efectuó la determinación de los Factores de Concentración por el método de las integrales temporales de concentración. El desarrollo de las experiencias se muestra en las Figuras 10 a 16. En los mismos gráficos se muestran los valores de concentración del Cs-137 en el agua marina.

Los períodos de contaminación variaron entre 15 y 150 días según las especies y a la finalización de la misma los ejemplares se trasladaron a acuarios conteniendo agua de mar no contaminada con renovación continua. De este modo se prosiguió la experiencia obteniendo las funciones de eliminación del radiocesio para las especies en estudio.

El proceso de decontaminación del radiocesio puede representarse por funciones de tipo exponencia (Figuras 17 a 21). Para el caso de los peces N.porosissimus y Austromenidia sp se observó una fase de eliminación rápida y otra más lenta lo cual coincide con resultados obtenidos en otras regiones (20). En cambio, tanto en el pez M.opercularis como en los crustáceos estudiados los valores obtenidos durante la decontaminación se acuerdan con una sola función exponencial.

Luego de efectuado el ajuste de los valores experimentales por el método de cuadrados mínimos se obtuvieron los parámetros de las funciones para cada especie y se determinó la integral temporal de concentración a tiempo infinito.

Los valores numéricos obtenidos para las integrales de concentración del agua y de los organismos como así también los parámetros de la decontaminación y los Factores de Concentración resultantes se muestran en la Tabla 2.

Para los peces, los Factores de Concentración resultan comparables entre las distintas especies. No sucede lo mismo en el caso de los crustáceos donde existe una marcada diferencia entre los valores de concentración de las dos especies ensayadas.

Distinta capacidad de acumulación del Cs-137 también existe en el camarón A.longinaris entre los tejidos blandos y la fracción no comestible (exoesqueleto y cabeza).

Estas diferencias así como los valores de concentración obtenidos son comparables a los hallados por otros autores (21) (22) (23) (24).

4.2.- MOLUSCOS, CELEENTERADOS Y ALGAS

Para todas las especies estudiadas incluídas en esta sección se pudo obtener condiciones de equilibrio en los tiempos de experimentación utilizados. Consecuentemente, la determinación de los Factores de Concentración pudo efectuarse por este método aunque para fines comparativos y de verificación también se empleó en algunos casos el método de integrales temporales de concentración como se verá más adelante.

La evolución de la contaminación en las experiencias realizadas utilizando el método del equilibrio se muestra en la Figura 22 para el mejillón Mytilus platensis, Figura 23 para la anémona Actinia sp y Figuras 24 a 28 para las distintas especies de algas. En los mismos gráficos se incluyen los correspondientes niveles de Cs-137 en el agua de mar.

En el caso del mejillón M.platensis la situación de equilibrio se alcanza aproximadamente a los 100 días para el caso del animal entero y los tejidos blandos. En el caparazón la actividad de radiocesio se mantiene constante durante toda la experiencia y la relación de concentraciones entre el caparazón y el agua resulta menor que la unidad.

La concentración de radiocesio en el celenterado Actinia sp alcanza el equilibrio luego de unos 40 días de

ensayo, obteniéndose este estado bastante rápidamente (alrededor de 10 días) en el caso de las algas Ulva lactuca, Corallina officinalis y Jania rubens. Para Polysiphonia sp. y Codium decorticatum el equilibrio se obtiene a partir de los 30 y 50 días de experimentación respectivamente. Los Factores de Concentración resultantes se resumen en la Tabla 3.

Los valores obtenidos muestran que el Cs-137 no es concentrado en el caparazón del mejillón M. platensis mientras que en los tejidos blandos se obtuvo un Factor de Concentración de 7,4.

Los valores de concentración obtenidos para las algas dependen fuertemente de la especie considerada. Estos resultados concuerdan con valores publicados para especies de otras regiones (21) (22) (23) (24) (25).

Como se indicó anteriormente para fines comparativos y de verificación también se determinaron los Factores de Concentración en el celenterado Actinia sp y algunas especies de algas utilizando el método de integrales temporales de concentración. Los resultados se resumen en la Tabla 4 y Figuras 29 a 36.

Los valores de eliminación del radiocesio se ajustaron con una sola función exponencial en el caso de la anémona Actinia sp (Figura 33) y presentaron un componente rápido y otro más lento en el caso de las algas (Figuras 34 a 36).

Resulta de interés remarcar que la mayor proporción de la actividad acumulada por las algas correspondería a un compartimiento de corto período de eliminación. En el caso del Codium decorticatum esa proporción alcanza al 86%.

En general los valores experimentales obtenidos para las algas tanto en la fase de contaminación como en la decontaminación muestran una dispersión mayor que en los casos de otros organismos estudiados.

Los Factores de Concentración obtenidos por el método de integrales temporales de concentración se acuerdan razonablemente con los hallados por el método del equilibrio.

AGRADECIMIENTOS: Los autores agradecen a las autoridades del Instituto de Biología Marina de Mar del Plata en cuyas instalaciones se realizó la mayor parte de las experiencias y muy en particular al Dr. E.E. Boschì y al personal del mismo que prestaron el asesoramiento y apoyo necesarios para la realización del presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Ionizing Radiation: Levels and effects. Report of the U.N.S.C.E.A.R. to the General Assembly. United Nations (1972).
- 2.- "Evacuación de desechos radiactivos en el mar" Organismo Internacional de Energía Atómica. Colección Seguridad N°5 - Viena (1961).
- 3.- "Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", ICRP Publication 7, Pergamon Press, Oxford (1965).
- 4.- Chipman, W.A. "Food chains in the sea" in Radioactivity and human diet. Pergamon Press, Oxford and N. York (1966).
- 5.- Cancio, D.; Llauro, J.A.; Ciallella, N.R.; Beninson, D.J. "Incorporación de radioestroneio por organismos marinos". Simposio Internacional sobre la interacción de los contaminantes radiactivos con los elementos componentes del medio ambiente marino. OIEA - Seattle, USA (julio 1972) Informe CNEA 341 - Argentina (1973).
- 6.- Krumholz, L.A.; Foster, R.F. National Academy of Sciences, Nat. Res. Council Publ. 551 (1957).
- 7.- Cross, F.A.; Renfro, W.C.; Gilat, E. "A review of methodology for studying the transfer of radionuclides in marine food chains" I.A.E.A. Technical Reports Series N°167 - Viena (1975).
- 8.- Patel, B. "Field and laboratory comparability of radioecological studies". I.A.E.A. - Technical Reports Series N°167 - Viena (1975).
- 9.- Fraizier, A.; Ancellin, J. "Observations sur la contamination experimentale de trois especes de poissons marins par le caesium 137 et de cobalt 60" Proceed. of an International Symposium "Radioecology applied to the Protection of man and his environment" EUR 4800 Roma (1971).
- 10.- Beninson, D.; Cancio, D.; Menossi, C. "Etude du transfert et de la fixation des produits de fission dans quelques especes dulci-coles en conditions de non equilibrio" Proceed. of "International Symposium on Radioecology Cadarache, France (1969).

- 11.- Ringuelet, R.A.; Aramburu, R.M. "Peces Marinos de la República Argentina" Publ. AGRO, año 11, 5 (1966).
- 12.- "Producción Pesquera Argentina" S.E.R.N.A.H. Servicio Nacional de Pesca (1973).
- 13.- Penchaszadeh, P.E. "Estudios sobre el mejillón (Mytilus platensis d'Orb) en explotación comercial del sector bonaerense, Mar Argentino"- CARPAS /5/ D. Técn. 12 (1971).
- 14.- Olivier, S.R.; Bastida, R.; Torti, M.R. "Sobre el ecosistema de las aguas litorales de Mar del Plata. Niveles tróficos y cadenas alimentarias pelágico-demersales y bentónico-demersales". Servicio Hidrog. Naval - Buenos Aires - H 1025 (1968).
- 15.- Boschi, E.E. "Estudio biológico pesquero del camarón Artemesia longinaris Bate de Mar del Plata" Boletín Inst. Biol. Mar. N°18 Mar del Plata (1969).
- 16.- Halperin, D.R. de; Asensi, A.O.; Boraso, A.L. Informe preliminar de la distribución de algunas algas de interés industrial en la costa patagónica. CIBIMA, Contrib. Técn. N°13 Bs.As., Argentina (1973).
- 17.- Kuhnemann, O. Importancia de las algas marinas en Argentina, CIBIMA, Contrib. Técn. N°5 Bs. As., Argentina (1970).
- 18.- "Marine Radioecology". Proceedings of the Second ENEA Seminar ENEA, Hamburg (1971).
- 19.- "Methods of Surveying and Monitoring Marine Radioactivity" I.A.E.A., Safety Series N°11 - Vienna (1965)
- 20.- Pentreath, R.J. "Radiobiological Studies with marine fishes" in I.A.E.A. Technical Reports Series N°167 - Vienna (1975).
- 21.- Freke, A.M. "A model for the approximate calculation of safe rates of discharge of radioactive wastes into marine environments". Health Physics: Vol. 13, N°7 (1967).
- 22.- Polikarpov, G.G. "Radioecology of Aquatic Organisms". North-Holland Publishing Company - Amsterdam (1966).
- 23.- Cigna Rossi, L.; Cigna, A.A. "Studi Biologici concernenti la Radioattività Ambientale" - Minerva Nucleare - Vol. 9, N°3 (1965).

- 24.- Gilat, E.; Laichter, Y.; Shafrir, N.H. "The Behaviour of Cs-137 in Marine Environment".Proceed."International Symposium on radiological impacts of releases from nuclear facilities into aquatic environments"-I.A.E.A., Otaniemi-Helsinki, Finland (1975).
- 25.- Harrison, F.L. "Accumulation and loss of Cobalt and Caesium by the marine clam Mya arenaria under laboratory conditions" Proceed .of a Symposium "Radioactive Contamination of the Marine Environment" I.A.E.A. - Seattle - Washington - USA (1972).

TABLA 1

NOMINA DE LAS ESPECIES CITADAS

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE VULGAR
<u>PECES</u>	
<u>Micropogon opercularis</u>	corvina blanca - corvina
<u>Austromenidia sp.</u>	pejerrey
<u>Percophis brasiliensis</u>	pez palo - congrio real
<u>Nautopaedium prosissimus</u>	pez sapo - lucerna
<u>CRUSTACEOS</u>	
<u>Artemesia longinaris</u>	camarón
<u>Platyxanthus crenulatus</u>	cangrejo de las rocas
<u>MOLUSCOS</u>	
<u>Mytilus platensis</u>	mejillón
<u>CELEENTERADOS</u>	
<u>Actinia sp.</u>	anémona de mar
<u>ALGAS</u>	
<u>Codium decorticatum</u>	alga esponja
<u>Ulva lactuca</u>	lechuga de mar
<u>Jania rubens</u>	-----
<u>Corallina officinalis</u>	alga coral
<u>Polysiphonia sp.</u>	alga plumosa

TABLA 2

FACTORES DE CONCENTRACION

(Método: Integrales Temporales de Concentración)

	CONTAMINACION		DECONTAMINACION				FACTOR DE CONCENTRACION	
	A	B	Actividad Retenida	Período Biológico Efectivo	Actividad Retenida	Período Biológico Efectivo	C	D
	(pCi.dia/ml)	(pCi.dia/g)	(%)	(dias)	(%)	(dias)	(pCi.dia/g)	
PECES								
<u>Austromenidia sp.</u>	1198	1221	22	2.2	78	102.0	15525	14.0
<u>Micropogon opercularis</u>	1120	1572	--	---	100	53.3	10624	10.9
<u>Nautopaedium porosissimus</u>	6095	26313	38	0.8	62	135.0	49946	12.5
CRUSTACEOS								
<u>Platyxanthus crenulatus</u>	3340	16385	--	---	100	24.6	13290	8.9
<u>Artemesia longinaris</u> (animal total)	3088	34946	--	---	100	22.1	31571	21.5
<u>Artemesia longinaris</u> (tejidos blandos)	3088	42944	--	---	100	29.2	53849	31.3
<u>Artemesia longinaris</u> (exoesqueleto y cabeza)	3088	29043	--	---	100	14.2	17069	14.9

A: Integral Temporal de Concentración en agua.
 B y C: Integral Temporal de Concentración en biota.
 D: Factor de Concentración = $\frac{B+C}{A}$

TABLA 3

FACTORES DE CONCENTRACION

(Método: equilibrio)

ESPECIES	FACTOR DE CONCENTRACION
<u>MOLUSCOS</u>	
<u>Mytilus platensis</u> (animal total)	1.7
" " (tejidos blandos)	7.4
" " (caparazón)	0.1
<u>CELEENTERADOS</u>	
<u>Actinia sp.</u>	6.1
<u>ALGAS</u>	
<u>Codium decorticatum</u>	1.4
<u>Ulva lactuca</u>	3.9
<u>Jania rubens</u>	11.6
<u>Corallina officinalis</u>	10.9
<u>Polysiphonia sp.</u>	37.0

TABLA 4
FACTORES DE CONCENTRACION

(Método: Integrales Temporales de Concentración)

	CONTAMINACION		DECONTAMINACION				FACTOR DE CONCENTRACION	
	A	B	Actividad Retenida	Período Biológico Efectivo	Actividad Retenida	Período Biológico Efectivo	C	D
	(pCi.dia/ml)	(pCi.dia/g)*	(%)	(dias)	(%)	(dias)	(pCi.dia/g)	
<u>CELEENTERADOS</u>								
<u>Actinia sp.</u>	3340	15127	--	---	100	13.3	11444	8.0
<u>ALGAS</u>								
<u>Codium decorticatum</u>	600	941	86	0.6	14	39.6	988	3.2
<u>Ulva lactuca</u>	539	1640	64	1.1	36	5.4	851	4.6
<u>Polysiphonia sp.</u>	263	5790	70	0.5	30	18.4	3913	36.9

A: Integral Temporal de Concentración en agua.

B y C: Integral Temporal de Concentración en biota.

D: Factor de Concentración = $\frac{B+C}{A}$

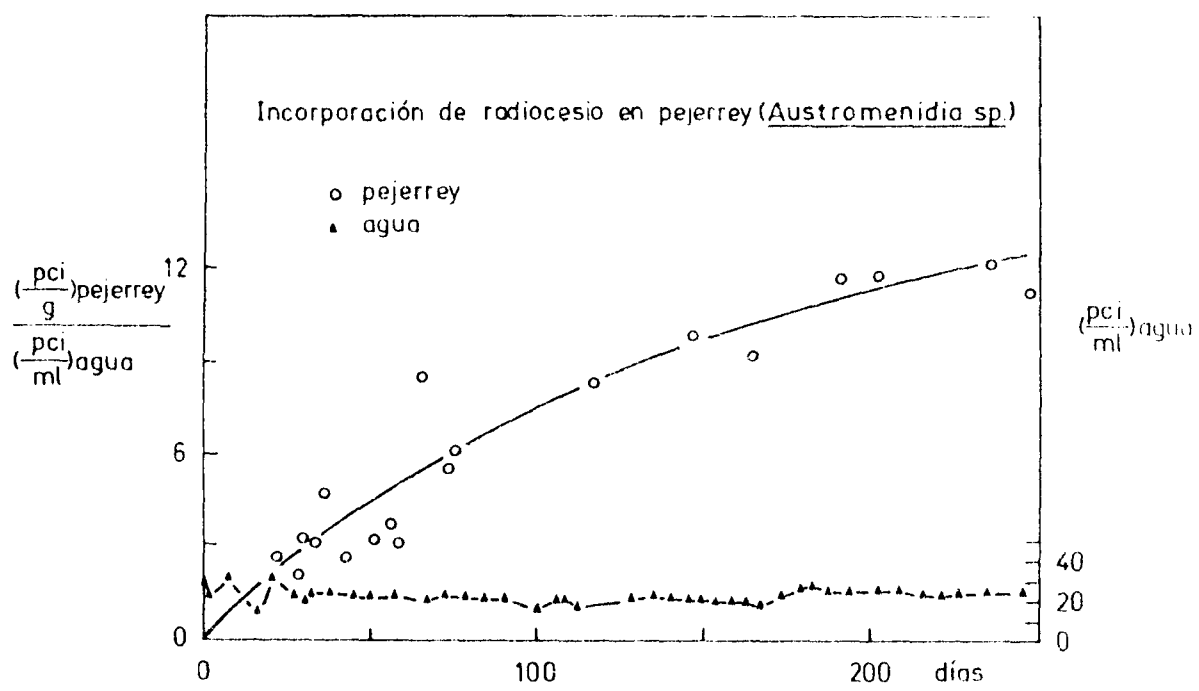
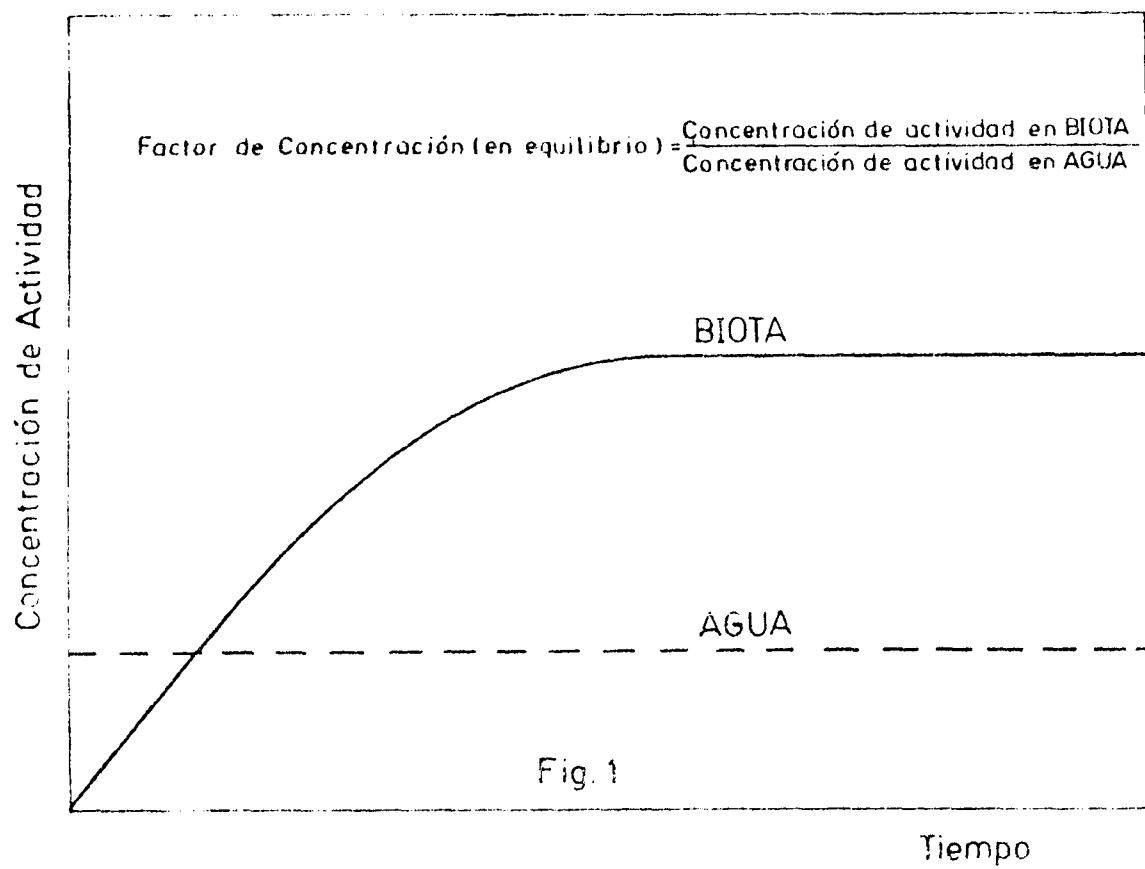


Fig. 2

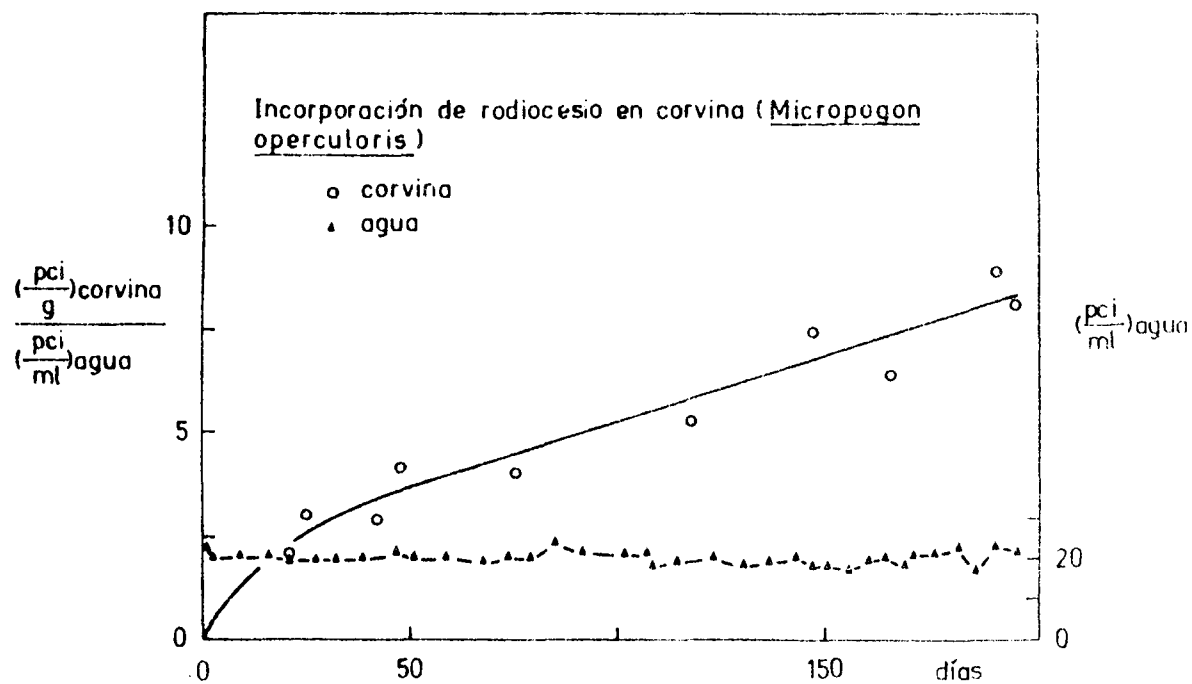


Fig 3

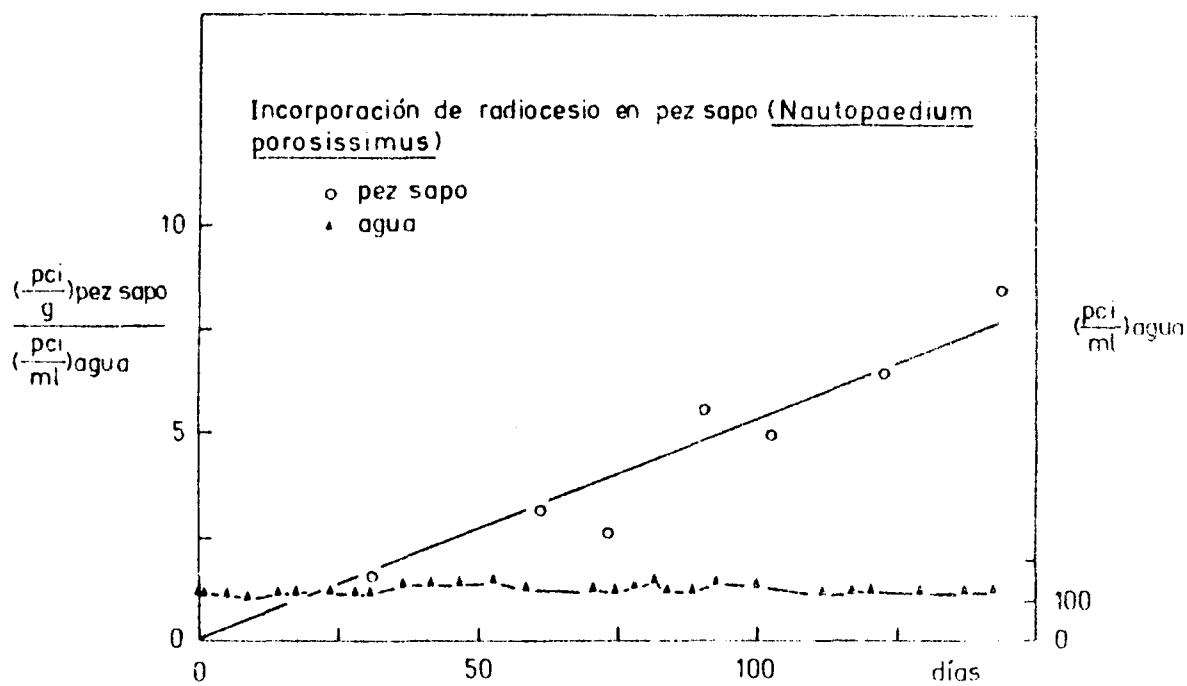


Fig 4

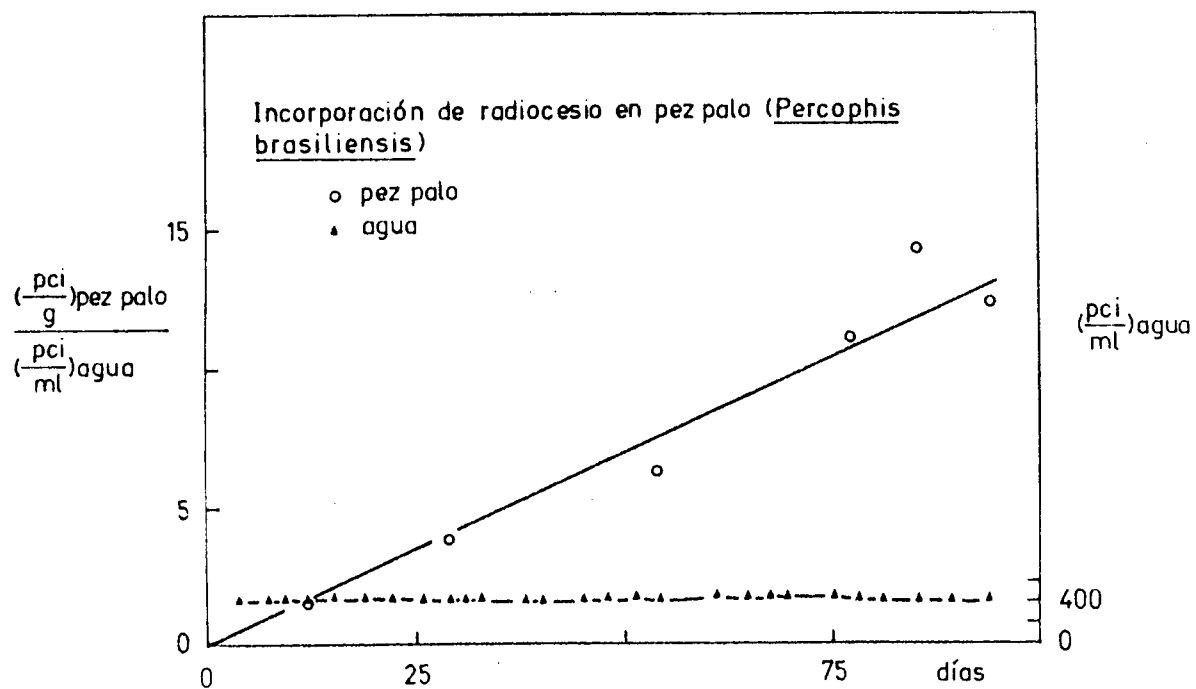


Fig. 5

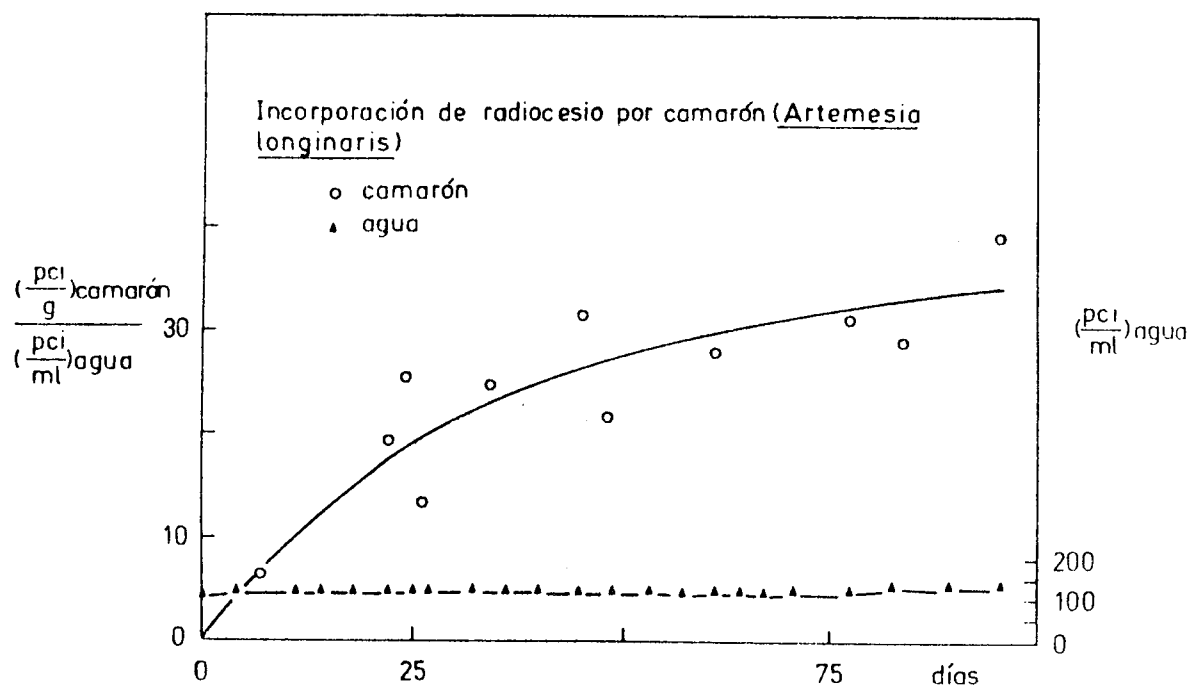
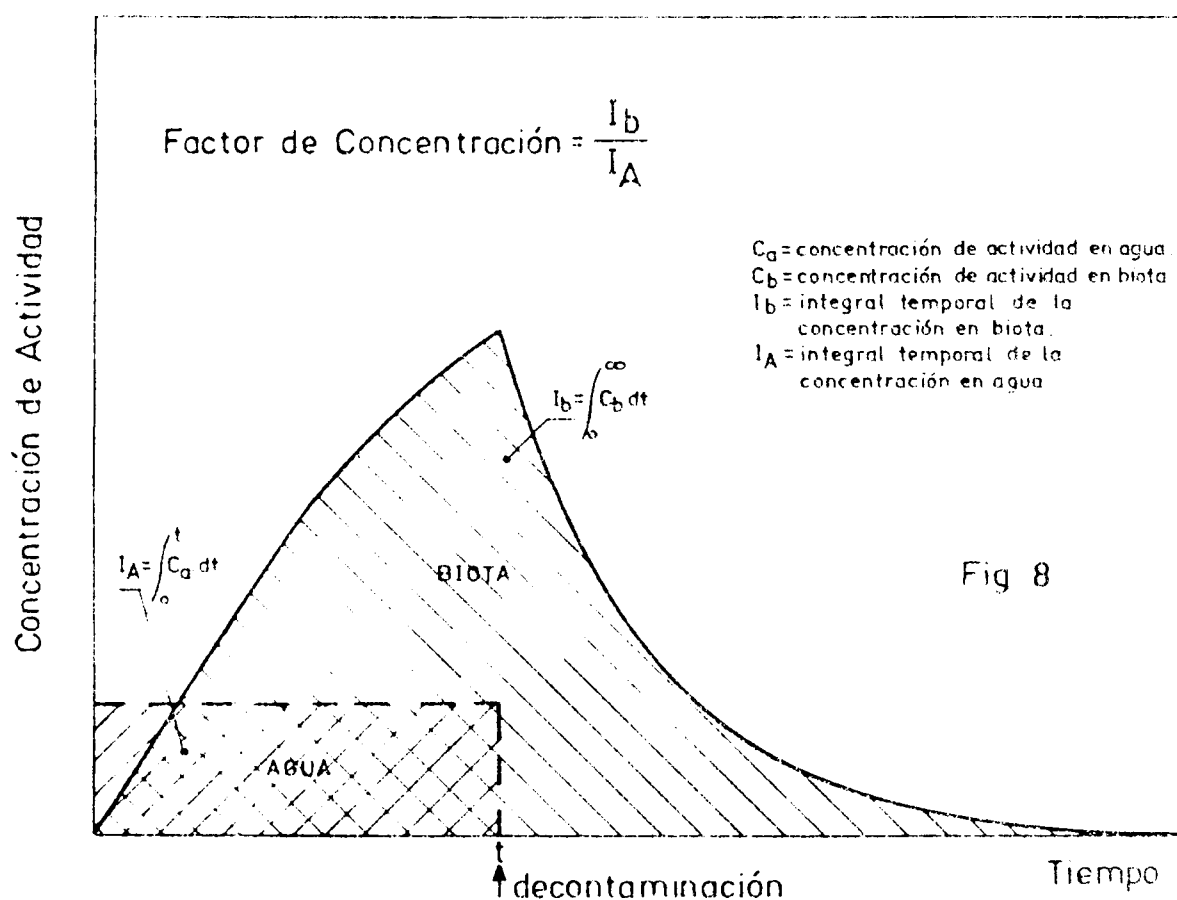
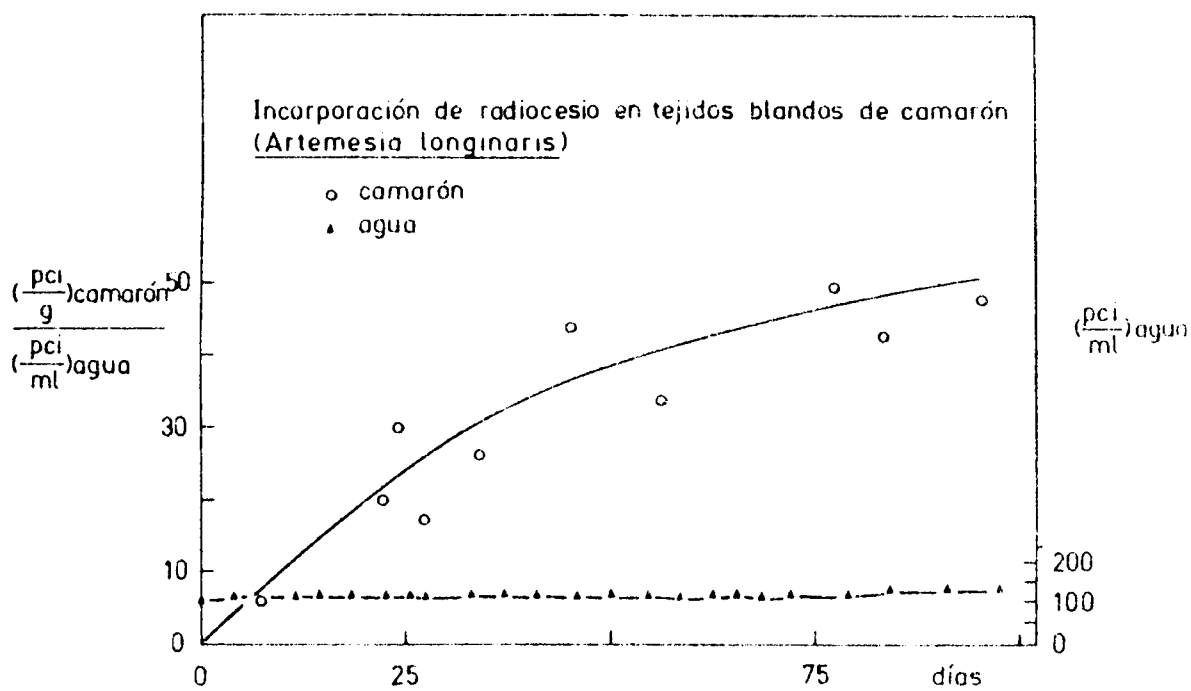


Fig. 6



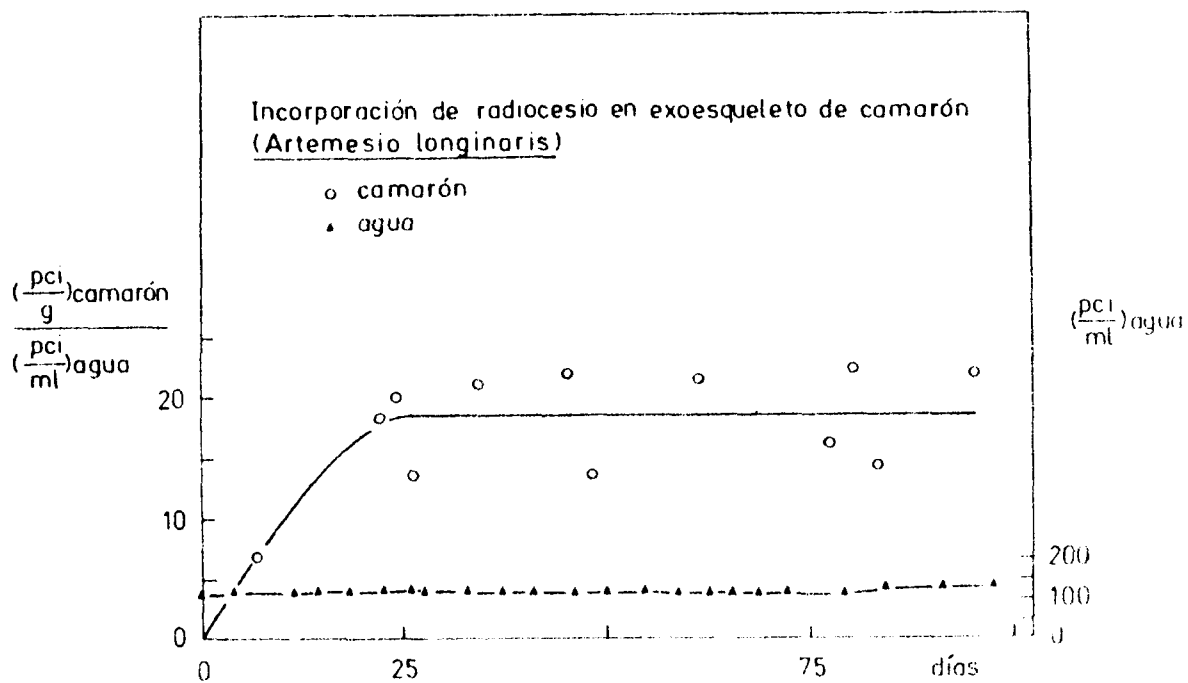


Fig 9

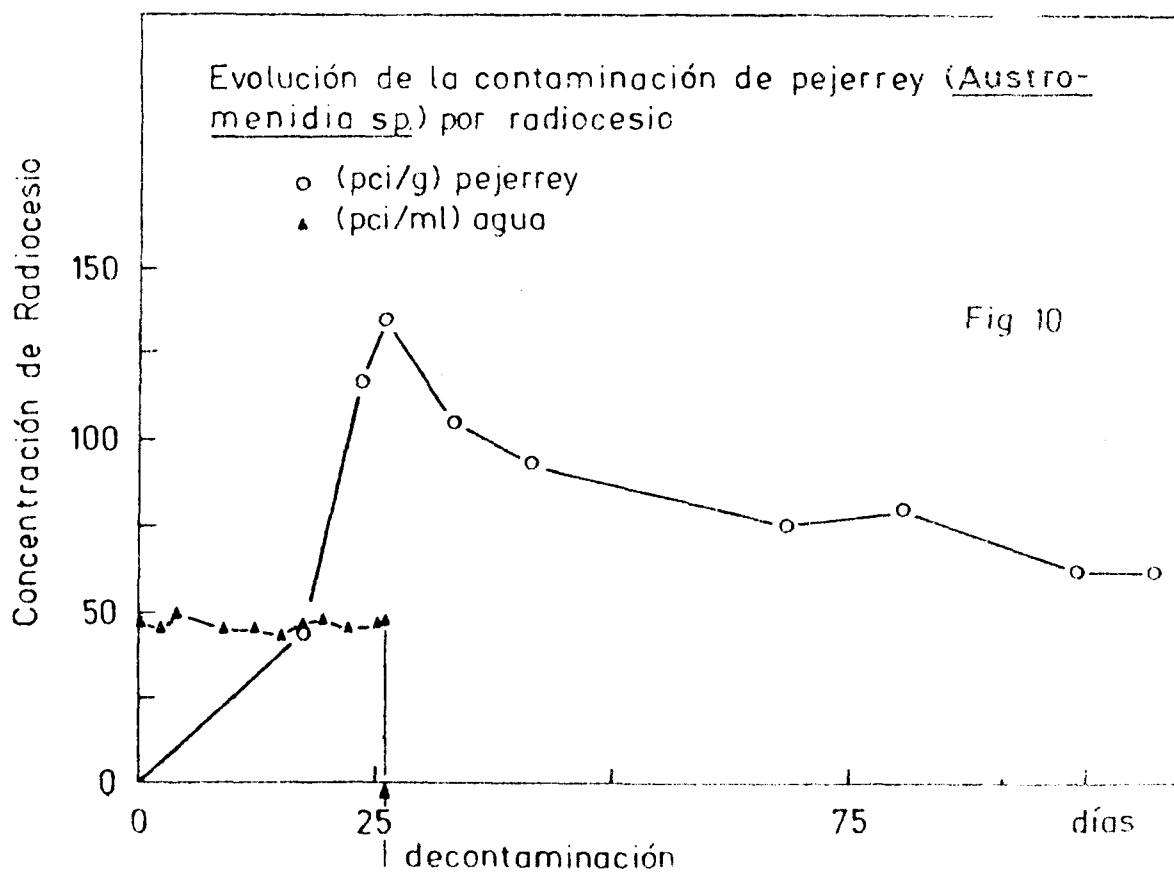
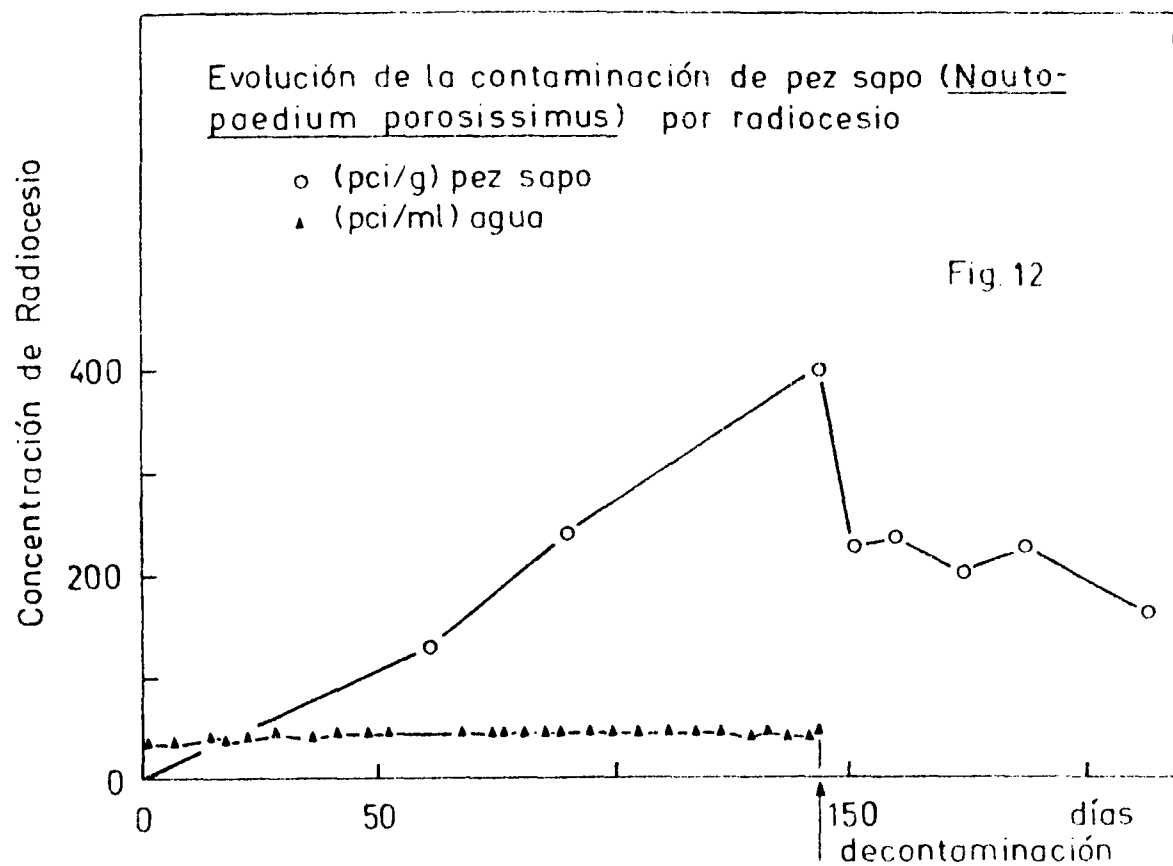
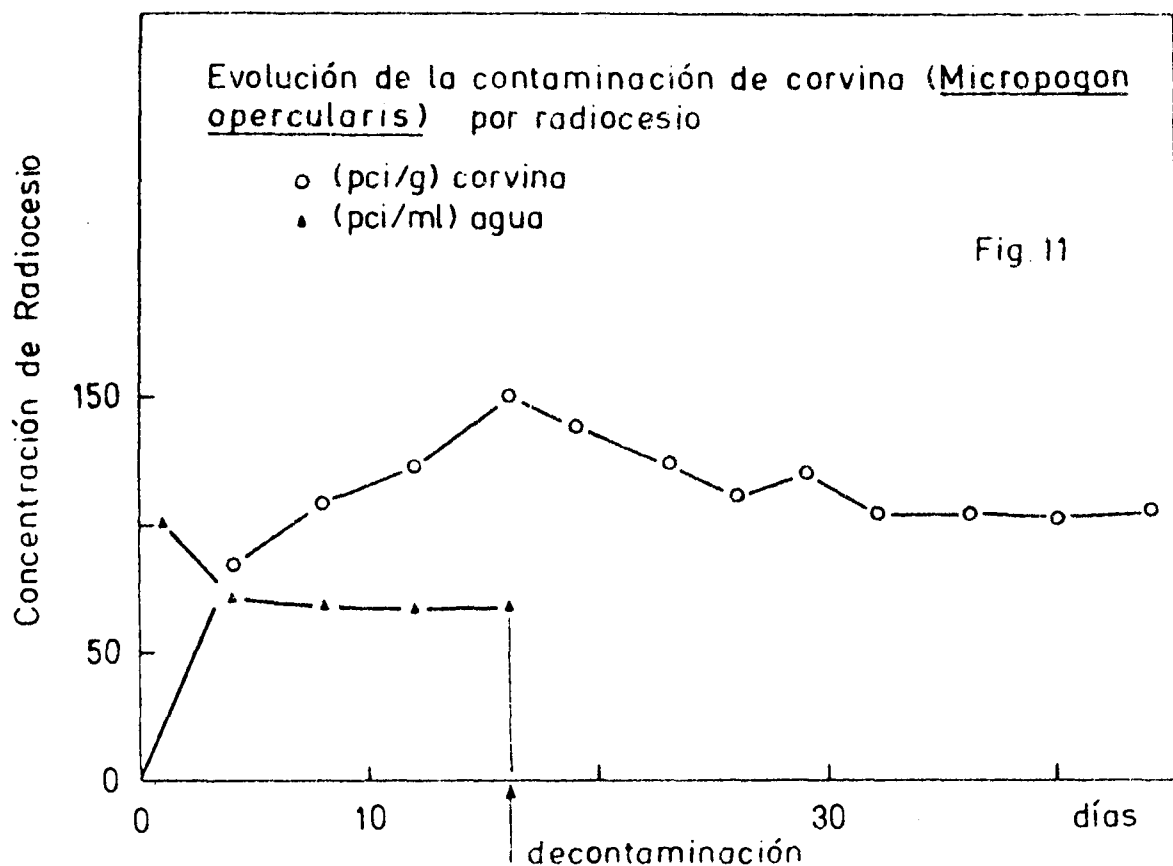
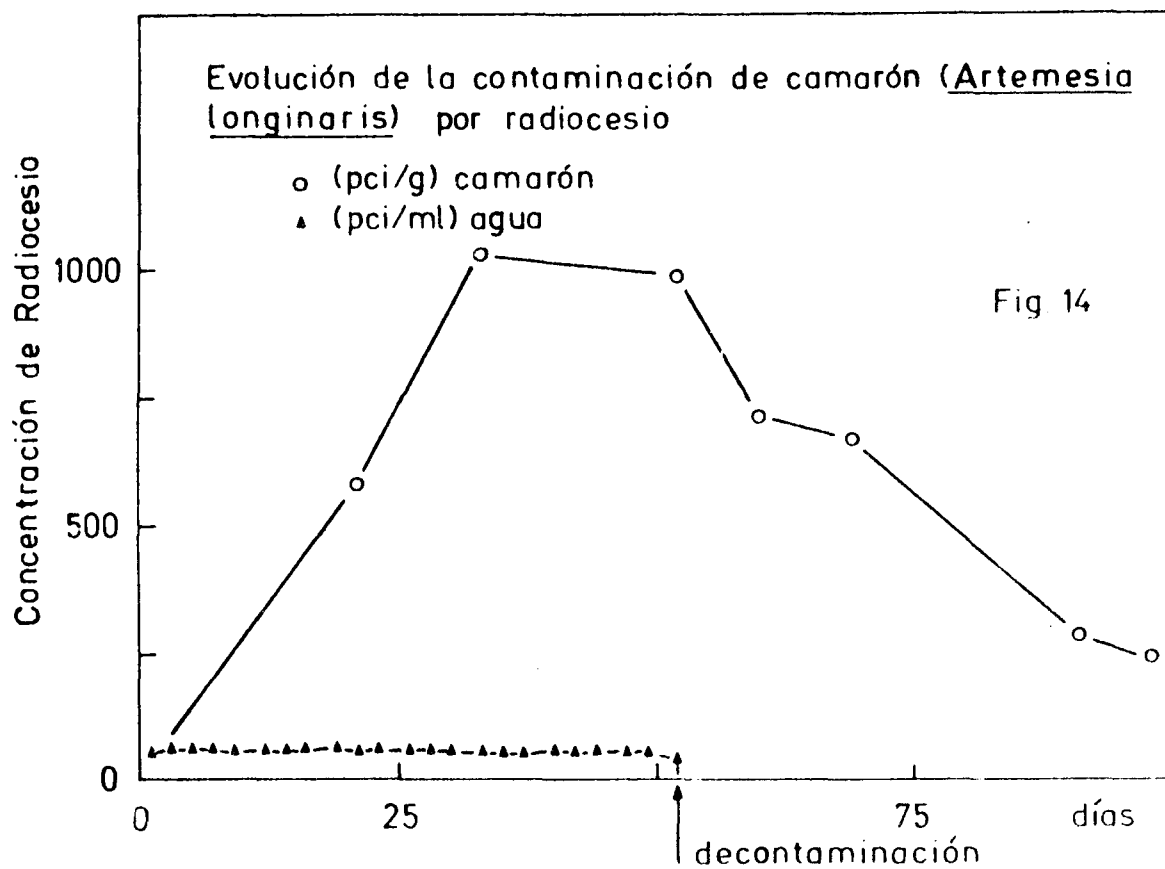
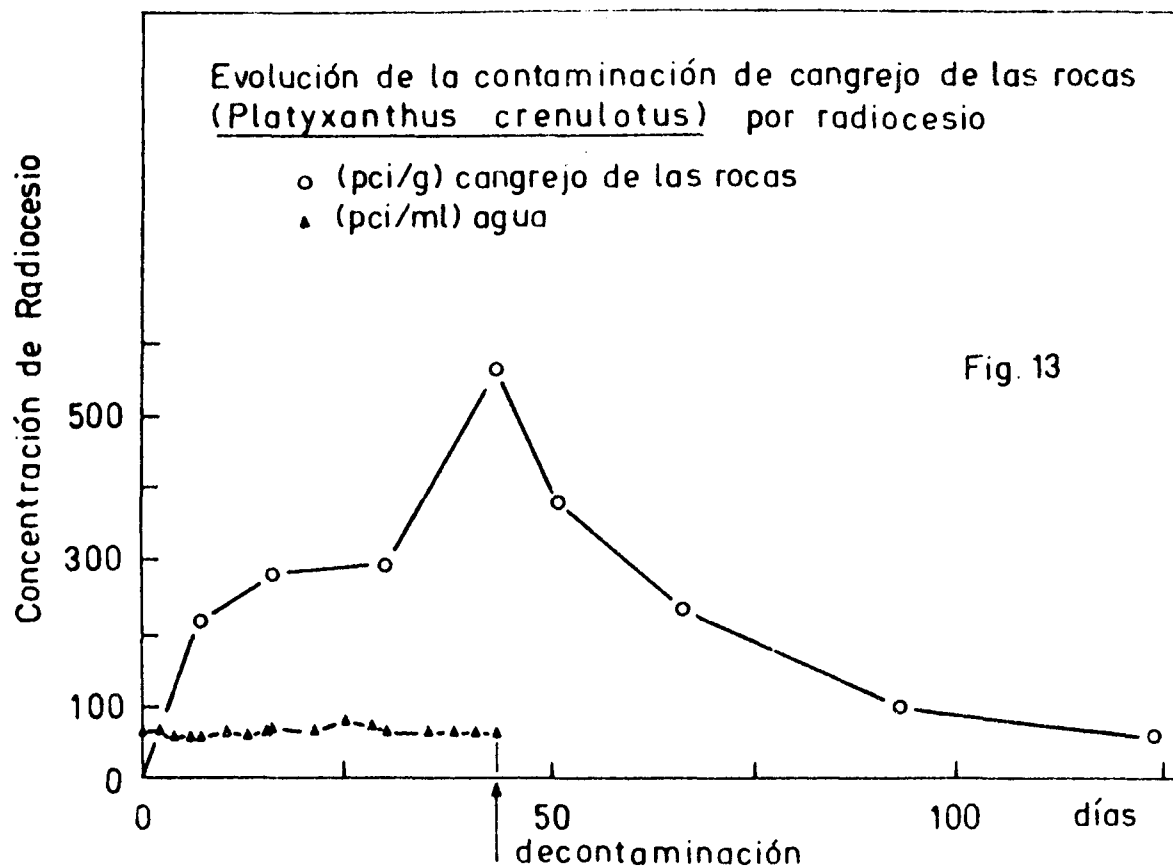
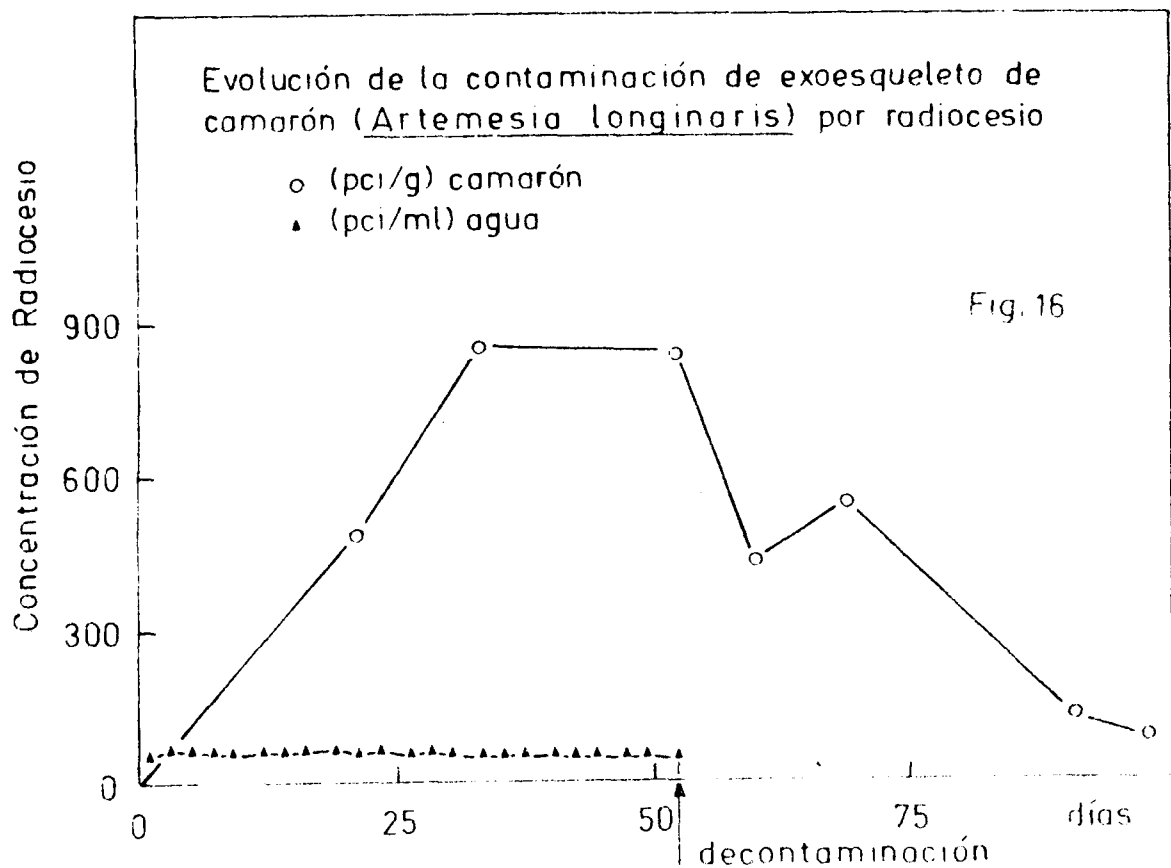
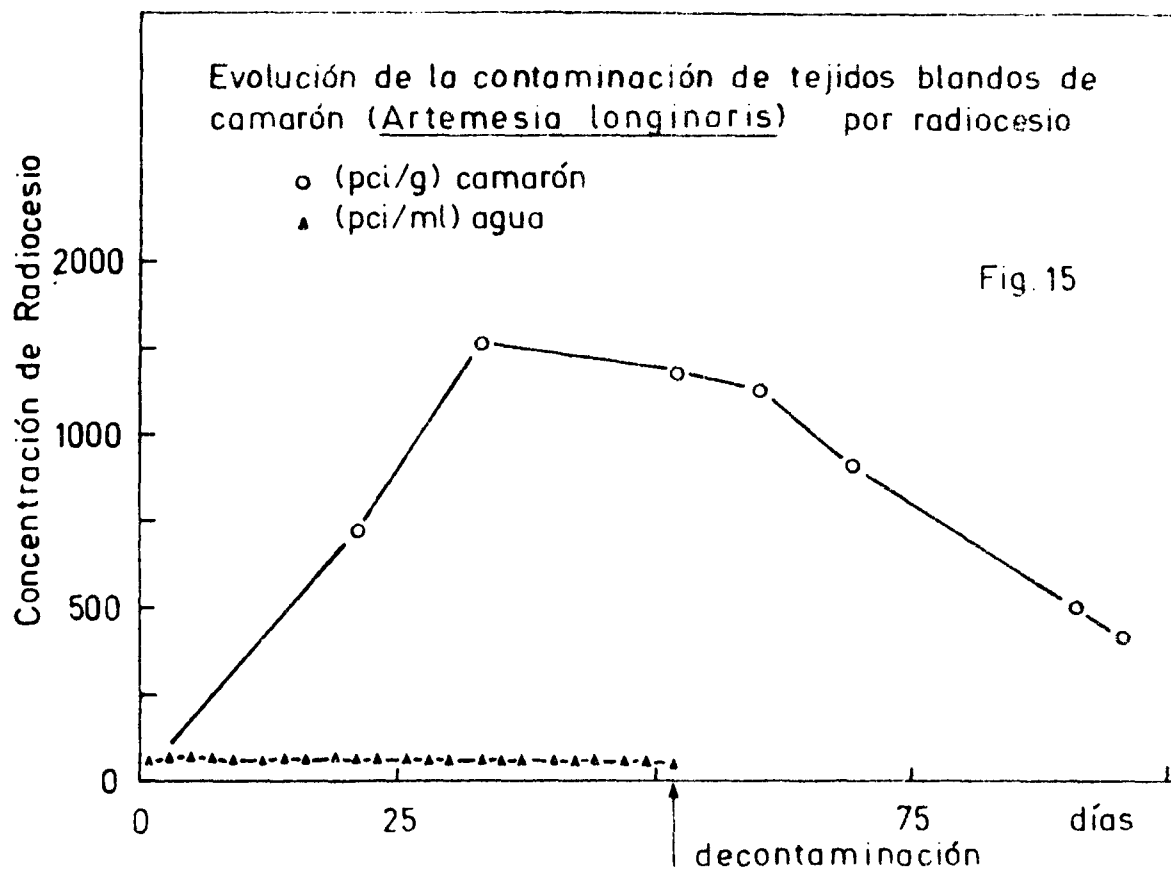
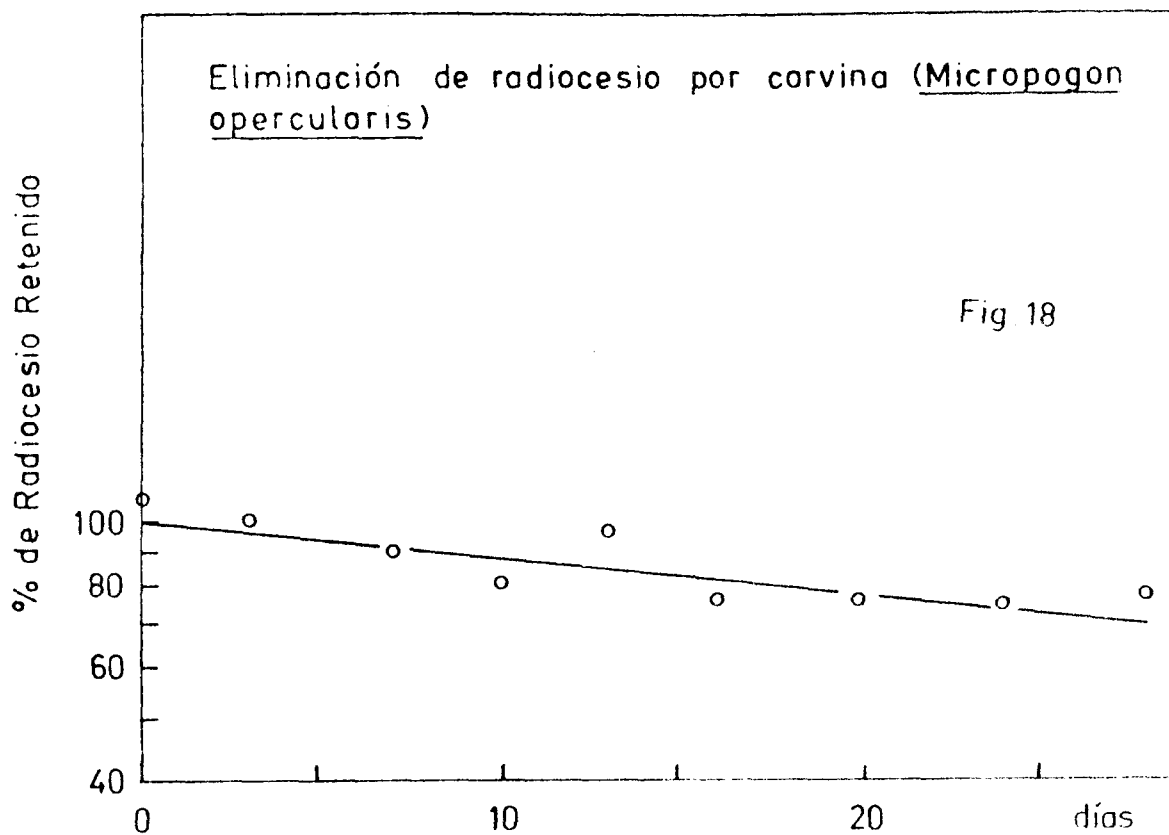
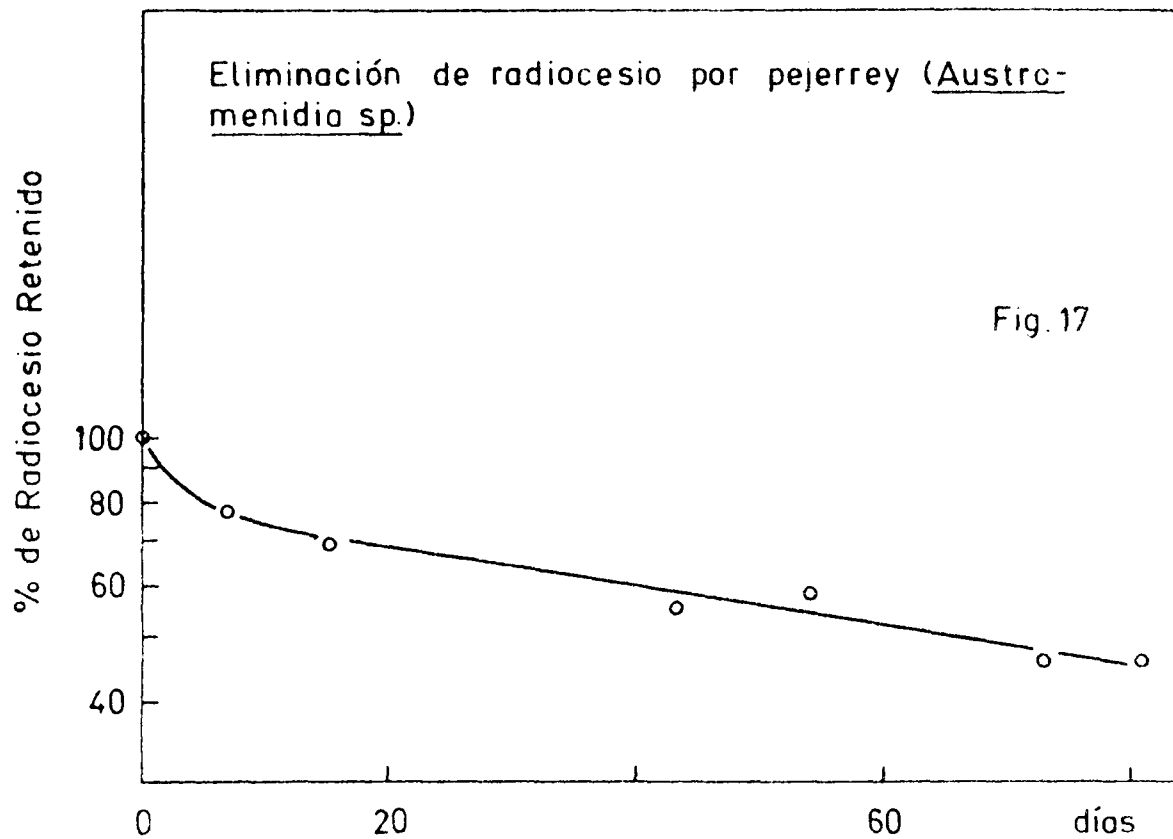


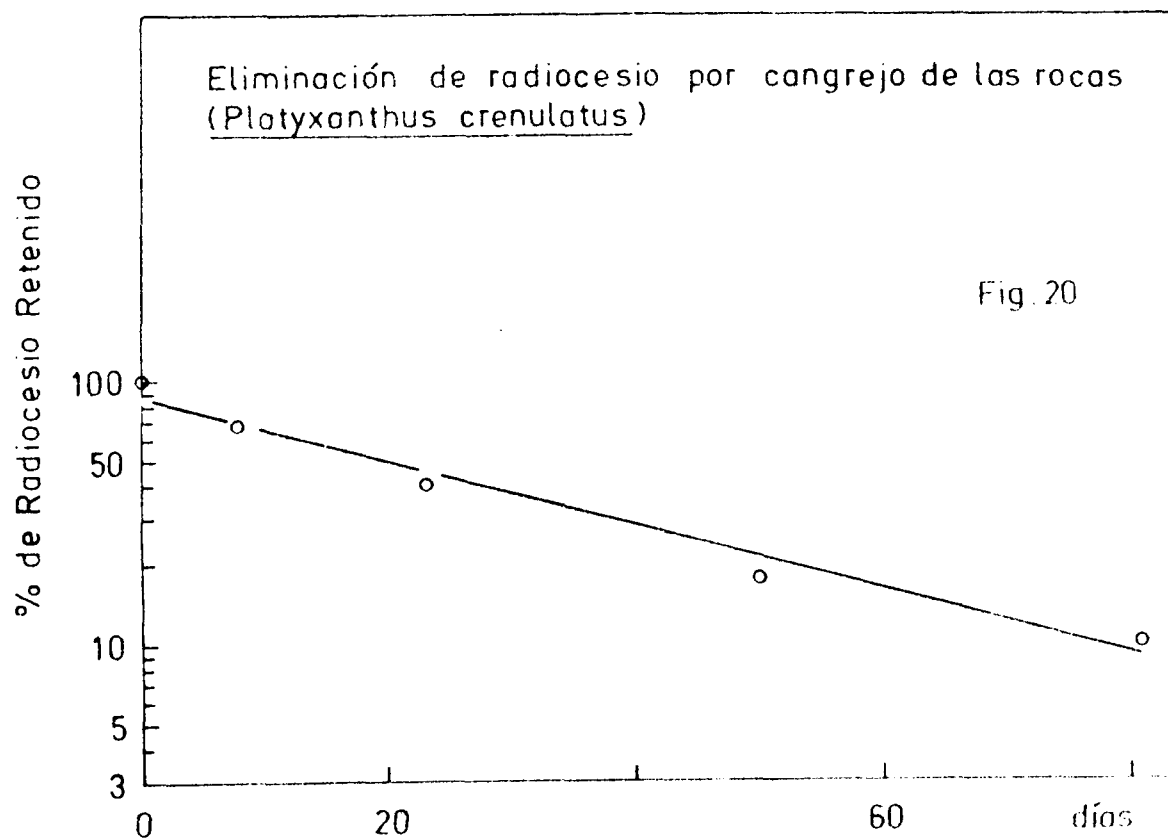
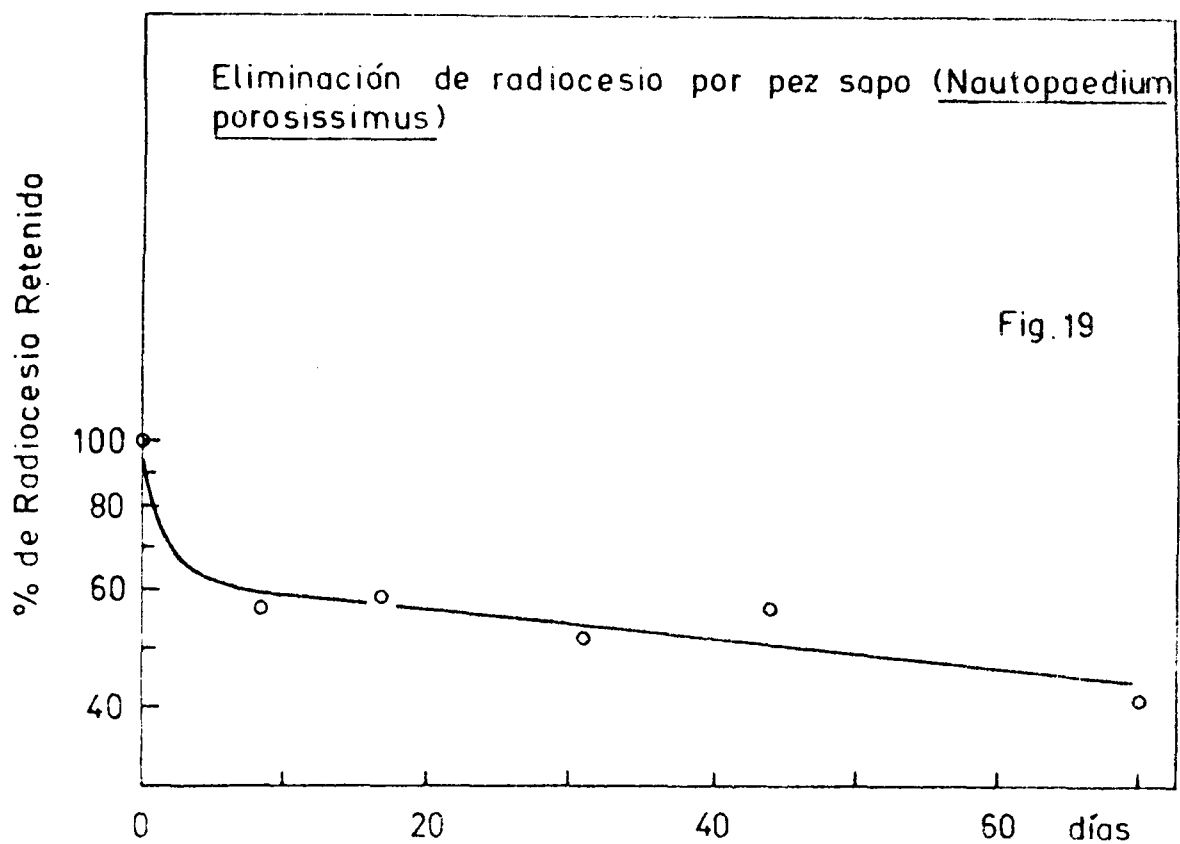
Fig 10

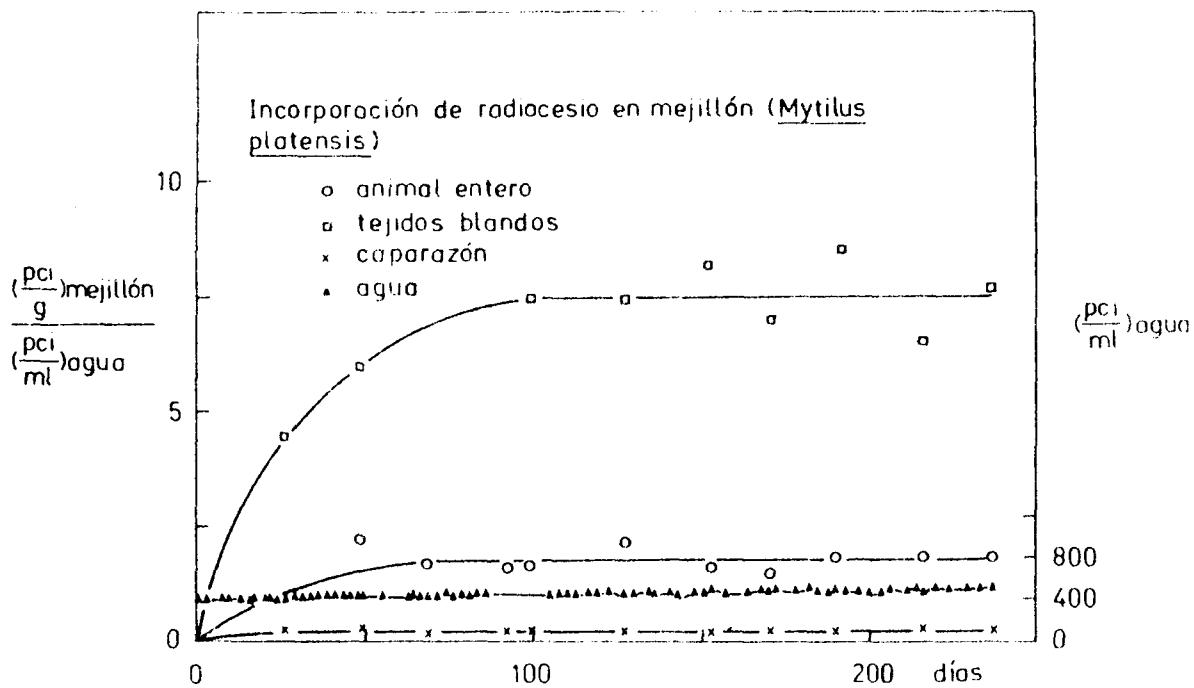
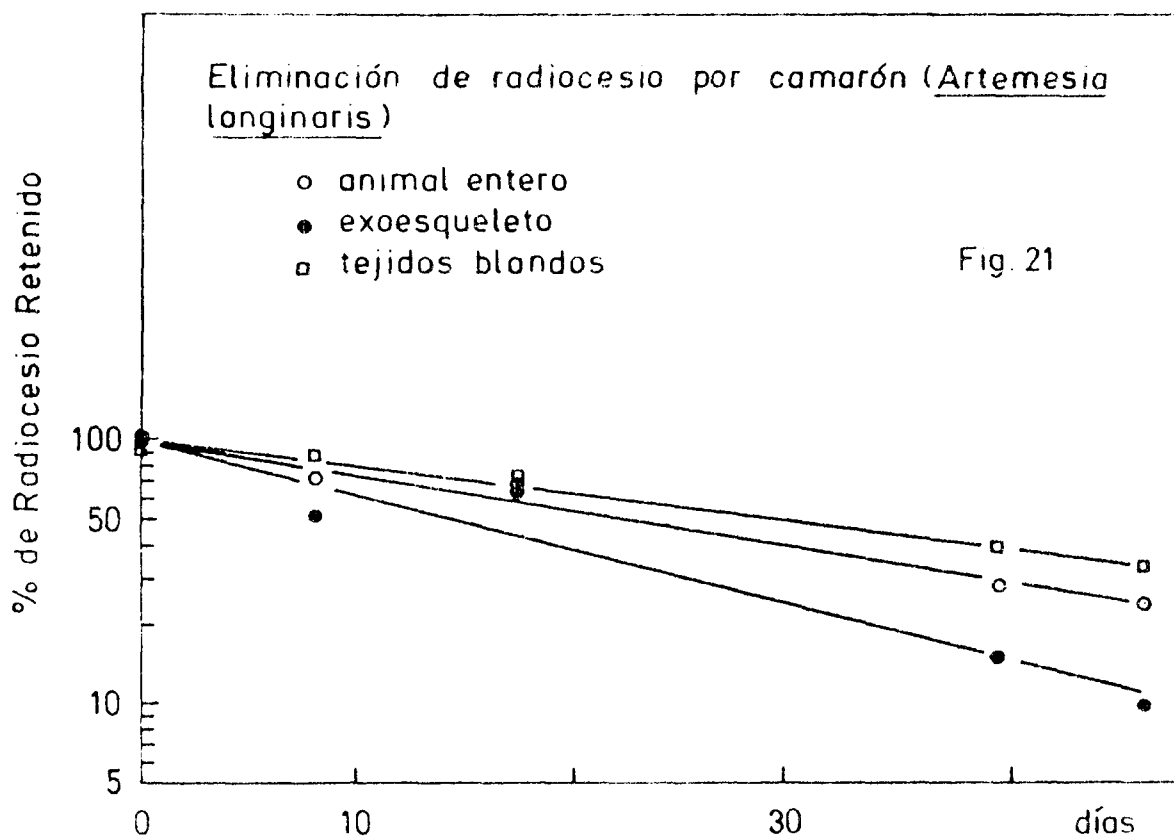












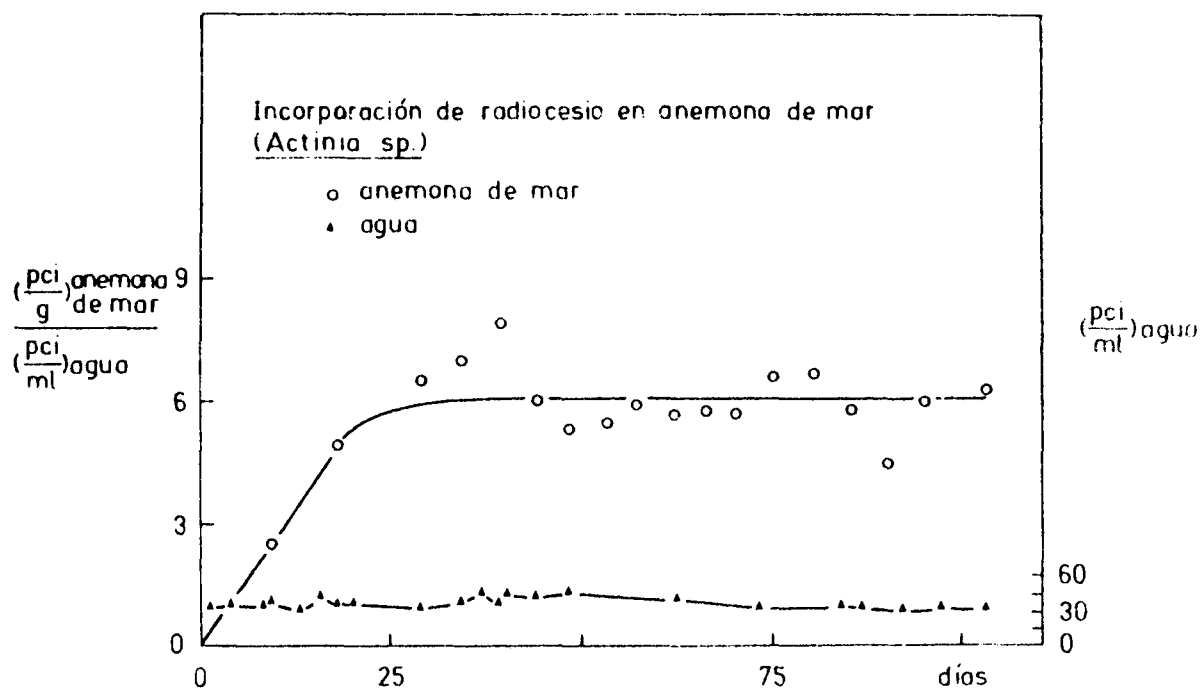


Fig. 23

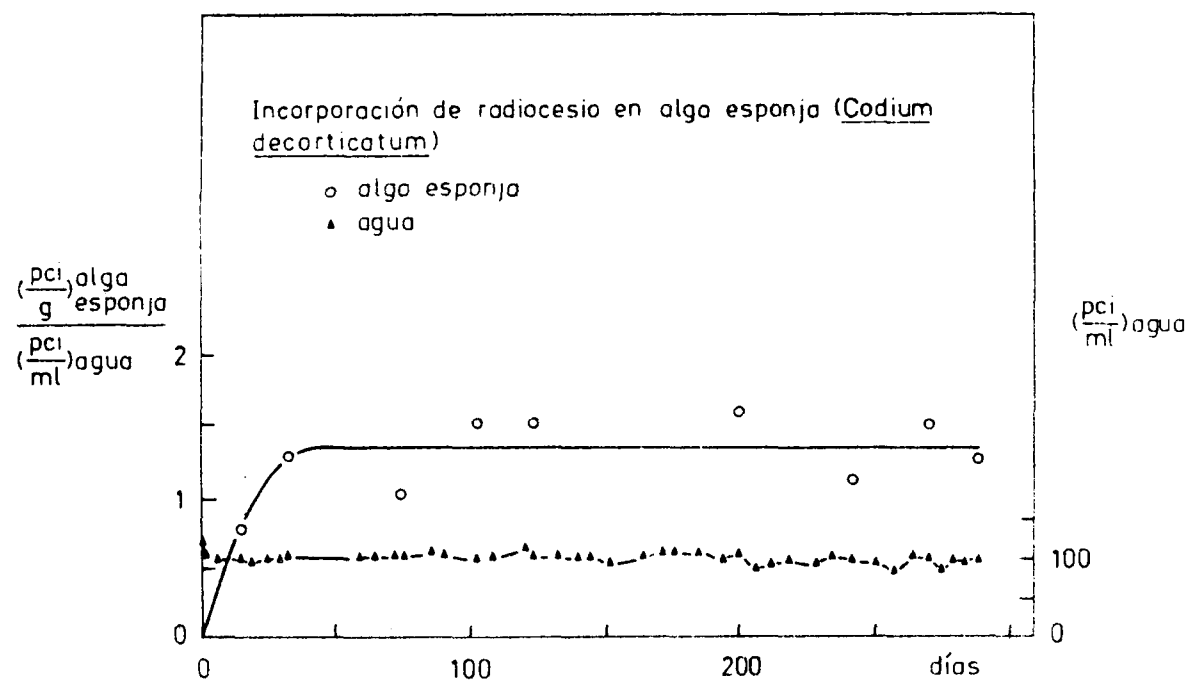


Fig. 24

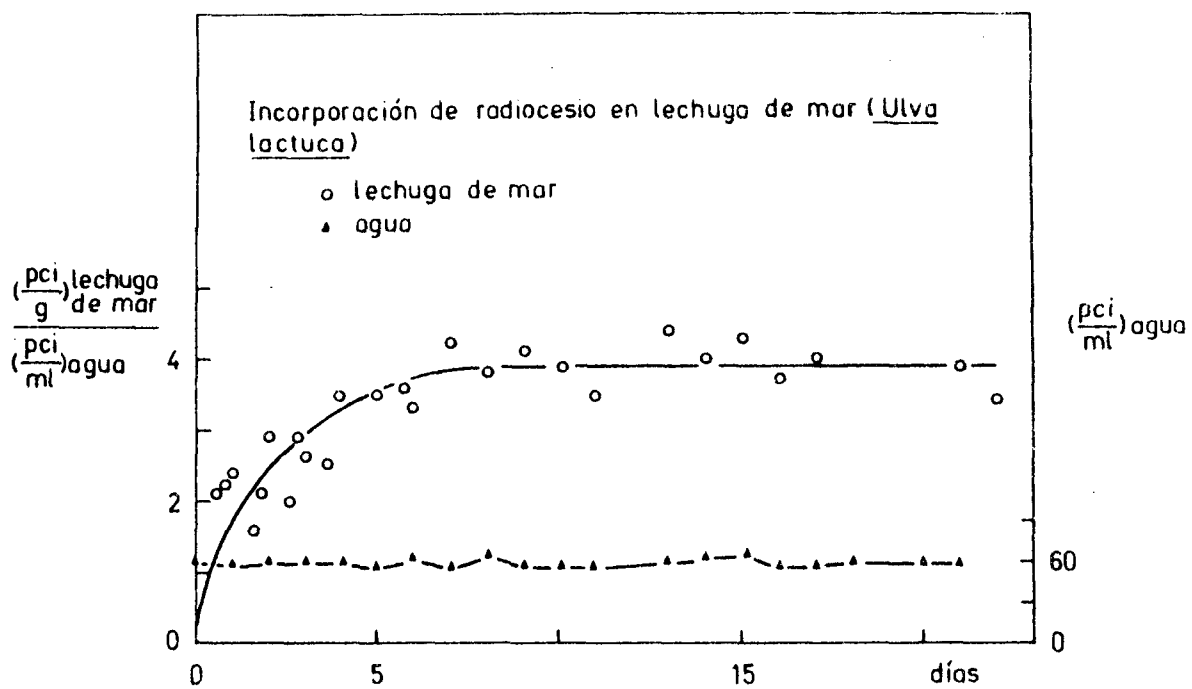


Fig. 25

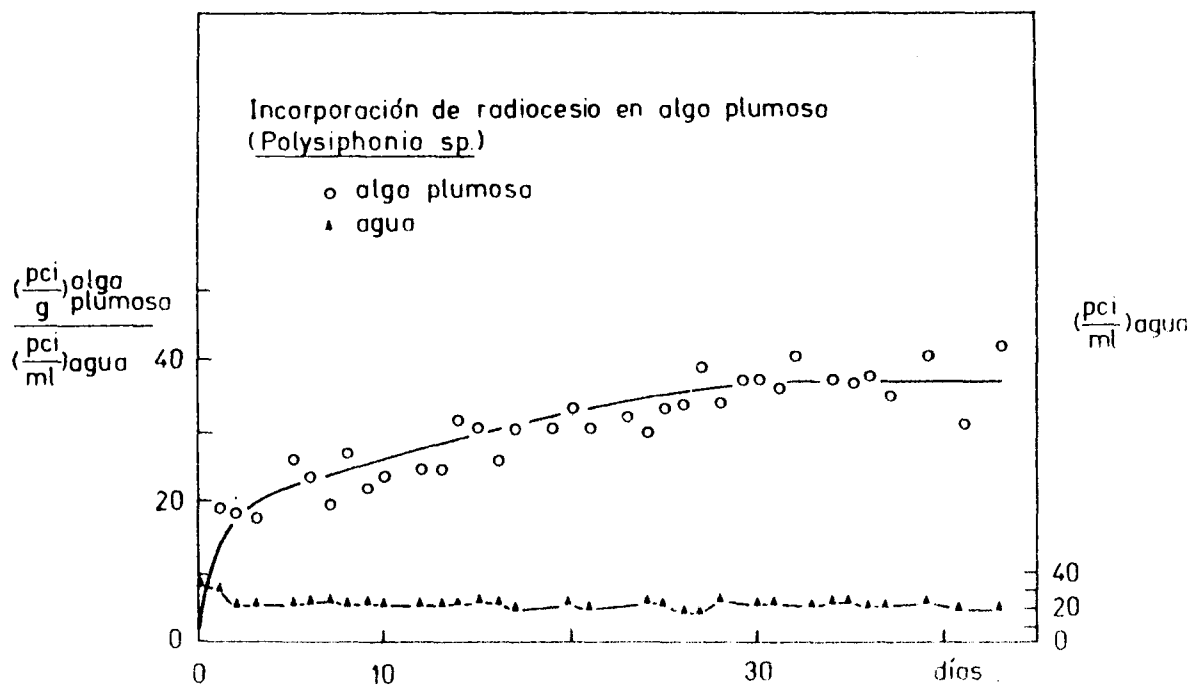


Fig. 26

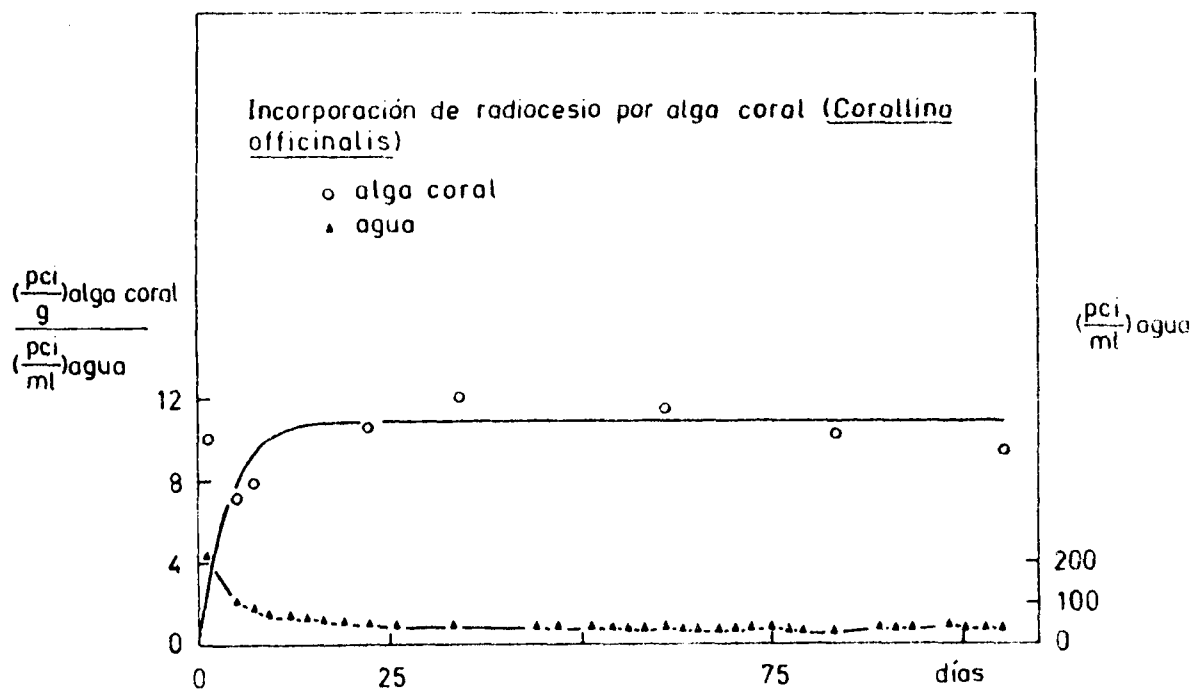


Fig. 27

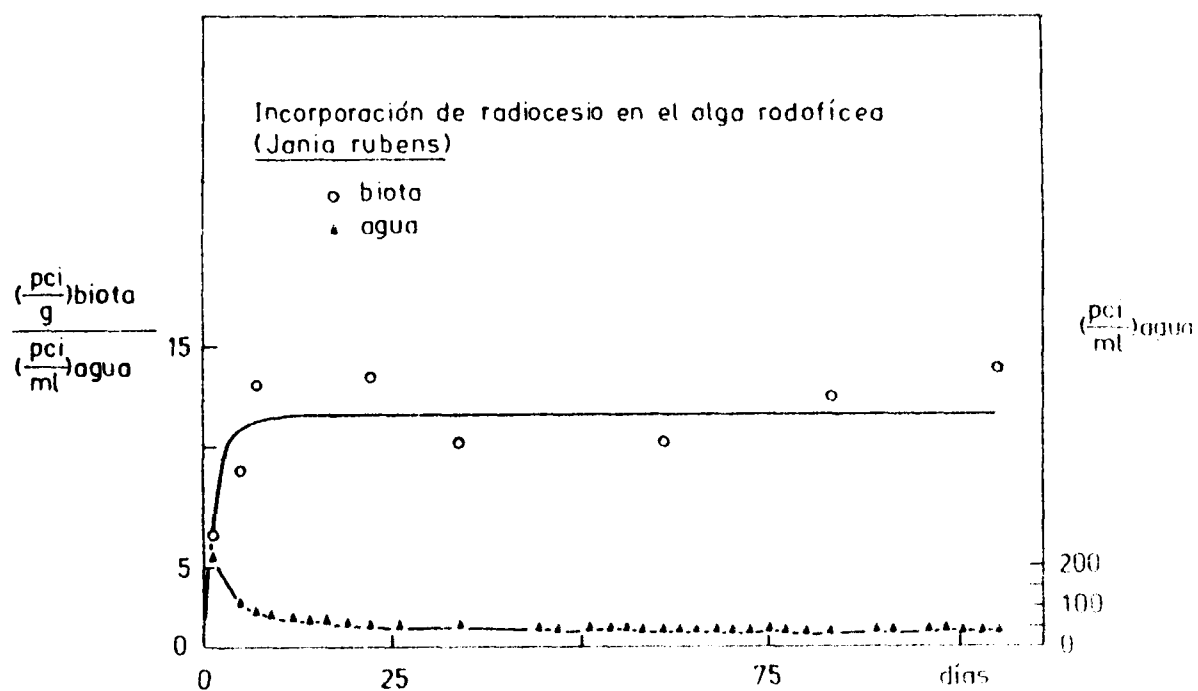


Fig. 28

