

CNEA NT 26/77

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

GERENCIA PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD
DIVISION ESTUDIOS AMBIENTALES

TRANSFERENCIA DE ALGUNOS NUCLEIDOS DE INTERES PARA LAS
EVALUACIONES AMBIENTALES DE INSTALACIONES NUCLEARES

CANCIO, D.
MENOSSI, C.A.
CIALLELLA, N.R.

BUENOS AIRES

1977

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

TRANSFERENCIA DE ALGUNOS NUCLEIDOS DE INTERES PARA LAS
EVALUACIONES AMBIENTALES DE INSTALACIONES NUCLEARES

Cancio, D.; Menossi, C.A.; Ciallella, N.R.

RESUMEN

En la memoria se presentan resultados obtenidos en Argentina sobre parámetros de transferencia ambiental de algunos productos de fisión y activación que pueden formar parte de los efluentes de instalaciones nucleoelectricas.

Los resultados fueron obtenidos a partir de estudios relacionados con el "fallout" como en el caso del Sr-90, Cs-137 y I-131. Para estos nucleidos se presentan niveles medidos en el medio ambiente y los resultantes parámetros de transferencia a través de las cadenas alimentarias.

Por otra parte se presentan también algunos resultados de factores de concentración en medios acuáticos resultantes de experiencias de laboratorio y de estudios sobre el terreno. Los mismos se refieren a la contaminación de peces, moluscos, crustáceos y plantas de agua dulce con algunos productos de fisión y activación.

Los parámetros de transferencia obtenidos han resultado de gran utilidad práctica en los estudios ambientales para instalaciones nucleares del país.

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

TRANSFERENCIA DE ALGUNOS NUCLEIDOS DE INTERES PARA LAS
EVALUACIONES AMBIENTALES DE INSTALACIONES NUCLEARES

Cancio, D; Menossi, C.A.: Ciallella, N.R.

1.- INTRODUCCION

En las evaluaciones ambientales para establecer un programa de descargas de desechos radiactivos al medio ambiente, resulta de particular interés, el conocimiento del movimiento de los radionucleídos involucrados, en distintos componentes de la biósfera.

Los procesos de transferencia desde la fuente de emisión hasta los miembros de la población son sumamente complejos, y habitualmente se hace uso de modelos de compartimientos, los cuales, si bien implican considerables simplificaciones respecto de los procesos reales, proporcionan una adecuada solución para los fines de la protección radiológica.

En dichos modelos, las tasas de transferencia de radionucleídos entre compartimientos pueden ser definidos como constantes o como funciones temporales.

En los casos de eliminaciones rutinarias de radionucleídos a tasas constantes, suponiendo que pueden utili-

zarse parámetros ambientales promedios y que se alcanza un estado de equilibrio, se puede utilizar un "modelo de factores de concentración" en el cual el factor de transferencia resulta ser:

$$f_{a, b} = \frac{C_b}{C_a}$$

donde: $f_{a, b}$: es el factor de transferencia entre el compartimiento a y b,

C_b, C_a : son las concentraciones de equilibrio en los compartimientos.

Muchos casos prácticos no consisten en eliminaciones a tasas constantes y en consecuencia no se alcanzan situaciones de equilibrio. Para estos casos y a los fines de la radio protección, suele ser suficiente el conocimiento de las integrales temporales de concentración en los compartimientos de interés.

Los factores de transferencia tal como fueron definidos por UNSCEAR (1), permiten evaluar los valores de las integrales temporales y el factor de transferencia resulta ser:

$$f_{a, b} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} C_b(t) dt}{\int_{-\infty}^{\infty} C_a(t) dt}$$

donde $C_b(t)$ y $C_a(t)$: son las concentraciones en los compartimientos al tiempo t.

En este trabajo, se presentan algunos factores de transferencia hallados en Argentina como resultado de estudios relacionados con la contaminación producida por el "fallout" de explosiones nucleares y de experiencias radioecológicas en medios acuáticos.

Gran parte de los resultados incluidos, han sido objeto de informes o publicaciones de la Comisión Na-

cional de Energía Atómica. (2) a (16).

2.- TRANSFERENCIA DE ALGUNOS NUCLEIDOS PRESENTES EN EL "FALLOUT"

En Argentina, se llevan a cabo mediciones sistemáticas de la contaminación ambiental originadas por el "fallout".

Las técnicas de muestreo y medición está adaptadas para la detección de muy bajos niveles de radiactividad (17).

Esta vigilancia sistemática está basada en determinaciones de radiactividad en aire, en el depósito de material radiactivo, en alimentos componentes de la dieta y en tejidos humanos o mediciones de cuerpo entero.

Hasta 1966 el "fallout" depositado sobre Argentina fue de origen estratosférico con la excepción del año 1962 donde se detectó "fallout" troposférico procedente de una explosión nuclear que inyectó material en el hemisferio sur. (16).

Por éstos motivos el Sr-90 y Cs-137, fueron exclusivamente los nucleídos de mayor interés determinados en el país hasta que comenzaron una serie de ensayos en el Pacífico Sur lo cual permitió detectar nucleídos de vida corta y en particular el I-131. (7) (8) (9).

El interés principal del monitoreo ambiental está dirigido hacia el conocimiento de los niveles de contaminación de la biósfera y las dosis resultantes en la población. Adicionalmente se obtiene información sobre el movimiento de los nucleídos en distintos compartimentos del medio ambiente en condiciones naturales lo cual permite deducir los parámetros de transferencia que gobiernan dichos movimientos.

Los resultados que se presentan corresponden a muestreos efectuados en Buenos Aires siendo la dieta utilizada representativa de la zona litoral de Argentina.

Si bien se dispone de resultados correspondientes

a cada grupo principal de los alimentos que componen la dieta, como así también de mediciones en huesos humanos para distintos grupos de edades, en esta presentación se han tomado solamente los valores correspondientes a la leche, dieta total e individuos adultos.

En la tabla 1 se muestran algunos resultados correspondientes al Sr-90.

La leche vacuna y los cereales constituyen el principal aporte de Sr-90 en la dieta argentina (4) (5) (6).

La relación de la concentración de Sr-90 por gramo de calcio entre la dieta total y la leche resulta ser de 1.4, como promedio para el período 1963 a 1975.

Utilizando la metodología desarrollada por UNSCEAR (1) (18) es posible calcular los parámetros de transferencia entre el "fallout" y la dieta y, entre la dieta y el hueso humano y finalmente con el correspondiente factor dosimétrico la dosis comprometida en la médula ósea. Los valores numéricos resultantes obtenidos se muestran en la figura 1. Combinando los distintos factores calculados, resulta una dosis comprometida en la médula ósea de 0.77 mrad por cada mCi/km^2 de Sr-90 depositado.

Información sobre algunos resultados obtenidos para el Cs-137 se presentan en la Tabla 2. Como el radiocesio es un metal alcalino de comportamiento metabólico similar al potasio y la concentración de éste último es constante en la masa del organismo exenta de grasa (19) se expresa la actividad del Cs-137 en alimentos y en el cuerpo humano como cociente pci Cs-137/g K .

La leche, carne y cereales son los alimentos que constituyen el principal aporte del Cs-137 en la dieta (6) (11).

Utilizando un enfoque semejante al empleado para el Sr-90 es posible estudiar cuantitativamente la transferencia del Cs-137 entre el depósito y la dieta y entre ésta y el organismo humano (1) (18).

Los resultados de estas evaluaciones se presentan en la tabla 1 y la utilización de los correspondientes factores dosimétricos muestran que la dosis comprometida en todo el cuerpo debido a la contaminación de la dieta resulta ser de 0.2 mrad por cada mCi/km^2 depositado.

En el caso de I-131 y para Argentina, la leche fresca es la principal fuente de contaminación humana. La transferencia entre el depósito sobre las pasturas y la leche, se ha deducido de las mediciones efectuadas las cuales se muestran en la Tabla 3, para cada uno de los años en que se detectó este radionucleído en el fallout.

El factor de transferencia promedio determinado es de 0.24 nCi día/l por cada mCi/km^2 depositado y presenta muy poca dispersión.

Combinando esta transferencia con los correspondientes consumos de leche fresca y factores dosimétricos resulta un valor de dosis comprometida en la tiroides de niños lactantes de 2.8 mrad por cada mCi/km^2 de I-131 depositado y de 0.17 mrad/ mCi/km^2 para los adultos.

3.- TRANSFERENCIA DE NUCLEIDOS EN MEDIOS ACUATICOS

Para evaluar cuantitativamente la transferencia de radionucleídos a la biota acuática, generalmente se utiliza el modelo de los factores de concentración, definido en estos casos por el cociente entre la actividad del radionucleído por gramo de biota y la actividad por gramo de agua y una vez alcanzada la situación de equilibrio.

En la figura 2 se muestra un ejemplo en el cual se ha supuesto que la concentración del nucleído en el agua se mantiene constante.

En experiencias de laboratorio, habitualmente se utilizan condiciones ambientales muy alejadas de las naturales, y los organismos experimentan variaciones me-

tabólicas sensibles lo cual dificulta la extrapolación de los resultados a condiciones reales (20).

En algunos casos, la incorporación de un nucleído puede relacionarse con la de otro elemento biológicamente importante y de comportamiento metabólico similar, especialmente si es homeostáticamente regulado. En este caso los resultados de experiencias de laboratorio pueden ser extrapolados con menor incertidumbre.

Este enfoque se utilizó para el radioestroncio que sigue al calcio en las cadenas alimentarias. Como el comportamiento de ambos no es idéntico, para la etapa de transferencia agua contaminada/organismo acuático, se define un factor de discriminación:

$$F.D. = \frac{(\text{Actividad de Sr/g Ca}) \text{ organismo}}{(\text{Actividad de Sr/g Ca}) \text{ agua}}$$

Para su determinación en laboratorio, se empleó una técnica de doble trazador utilizando Sr-85 y Ca-45. En los ensayos experimentales se comprobó la independencia del tiempo en estas determinaciones debido a que las mediciones radiométricas evidencian solamente al estroncio y calcio recientemente incorporados. Asimismo se comprobó la estabilidad del factor de discriminación a muy diversas relaciones de concentraciones entre el estroncio y calcio estables en las aguas (13) (14).

Algunos resultados obtenidos para especies de peces, crustáceos y moluscos se muestran en la Tabla 4, donde también se incluyen factores de discriminación hallados a partir de las mediciones sistemáticas de elementos estables en los cursos de agua y en la biota.

A partir del factor de discriminación entre el estroncio y el calcio es posible deducir el factor de concentración del estroncio. El mismo resulta ser el producto entre el factor de discriminación y la relación entre el contenido de calcio en el organismo y en el agua $FC = FD \text{ (Ca)organismo/(Ca)agua}$. En la tabla 4 se incluyen también estas estimaciones

del factor de concentración del estroncio.

Los valores mayores de concentración se encuentran en los crustaceos y moluscos, lo cual sugiere que pueden entonces resultar de utilidad como indicadores biológicos de contaminación por radioestroncio. En el caso de consumo humano de peces enteros, estos pueden constituir una vía de contaminación significativa.

En el caso del Cs-137, su similitud con el potasio sugiere utilizar también factores de discriminación, pero se ha demostrado experimentalmente que la relación entre ambos es fuertemente influenciada por las variaciones de la concentración del potasio en el agua (13). Para este nucleido entonces, el parámetro de transferencia relevante es el factor de concentración. Para su determinación deben alcanzarse condiciones de equilibrio entre la concentración del nucleido en el agua y en los organismos lo cual no siempre puede lograrse. En los casos de no equilibrio se puede utilizar la relación entre los integrales temporales de concentración para obtener el parámetro de transferencia.

Esta metodología se utilizó para el Cs-137 en determinaciones efectuadas sobre el terreno (14). Las especies fueron colocadas en jaulas especiales ubicadas en el curso del Arroyo Aguirre que atraviesa el Centro Atómico Ezeiza lo cual permitió mantener a los organismos bajo control en un medio natural. En este curso de agua se efectuaron eliminaciones de residuos radiactivos conteniendo Cs-137 y se pudo seguir la contaminación del agua y de los organismos. Cuando se interrumpieron las descargas se dispuso del valor de concentración integrado en el agua y se continuaron mediciones periódicas en los organismos durante un tiempo suficiente como para determinar la dinámica de eliminación. La misma pudo aproximarse a funciones exponenciales con lo cual se calculó la integral temporal a tiempo infi-

nito.

La relación de las actividades integradas resultantes en los organismos y en el agua permitió definir el factor de transferencia como se muestra en la Tabla 5 . Asimismo y para fines comparativos se muestran también los resultados de algunas determinaciones de laboratorio en las cuales no siempre tuvo asegurada la condición de equilibrio como para definir el factor de concentración.

Salvo algún paso particular los valores de factores de concentración hallados sobre el terreno son claramente superiores a las máximas relaciones de concentración observadas en experiencias de laboratorio.

De los resultados se deducen valores de acumulación de Cs-137 importantes y teniendo en cuenta la relevancia radiosanitaria de este radio nucleido, el consumo humano de peces y otros organismos acuáticos resulta una vía de interés para la evaluación de sus descargas en cursos de agua.

Utilizando una metodología similar con jaulas experimentales colocadas en el Arroyo Aguirre también se estudió la incorporación de Ce-144, Ru-103, Zr-95 y I-131 en moluscos y plantas acuáticas. En esta oportunidad las determinaciones se basaron en la medición de la contaminación producida por el fall-out fresco (15).

En la Tabla 6 se muestran algunos de los resultados obtenidos como así también valores hallados en experiencias de laboratorio para los mismos nucleidos.

La concordancia entre los valores de concentración hallados en el terreno y en laboratorio dista de ser buena. En algunos casos podría explicarse por el comportamiento físico-químico particular de los nucleidos involucrados. Resulta claro, sin embargo, que en general estos radionucleidos son pobremente concentrados en los peces.

En la Tabla 7 se muestran los factores de concentración para algunos productos de activación en biota acuática resultantes de experiencias de laboratorio utilizando el método de integrales temporales de concentración con la metodología descrita en determinaciones efectuadas en el medio marino (21) y ejemplificada en la Figura 3.

Algunos productos de activación son concentrados significativamente en la biota acuática. Para algunos casos particulares de descargas de desechos en agua dulce los organismos acuáticos podrían resultar una posible cadena alimentaria a tener en cuenta como así también la posibilidad de su utilización como indicadores de contaminación.

Para fines comparativos y a modo de resumen, en la Tabla 8 se presentan los ordenes de magnitud de los factores de concentración hallados en Argentina para la biota de agua dulce incluyendo a la mayor parte de los elementos ensayados de interés en protección radiológica.

El conocimiento de los parámetros de transferencia determinados en el país ha resultado de gran importancia práctica para las evaluaciones ambientales de las instalaciones nucleares.

REFERENCIAS

- (1) United Nations, Report of UNSCEAR. New York (1969)
Official records of General Assembly, 24 th Session,
Supplement N° 13 (A/7613).
- (2) Beninson D., Kramer J., Mariano E., Ramos E.
"Contaminación por radioestrónco durante el año 1960.
Informe CNEA N° 50 (1961).
- (3) Beninson D., Kramer J. "Radiocesio en la dieta humana"
Informe CNEA N° 67 (1962).
- (4) Beninson D., Vander Elst E., Ramos E. "Evolución de ma
teriales radiactivos en el medio terrestre". Informe
CNEA N°133 (1964).
- (5) Beninson D., Beninson A., Menossi C., Kramer J.,
"Radioestrónco en el hombre en función de la edad.
Informe CNEA 322 (1972).
- (6) Monitoraje del Sr-90 y Cs-137 debidos al fallout en
la República Argentina. CNEA Informe RS/119 (1973).
- (7) Beninson D., Beninson A., Menossi C. "Fallout radiac-
tivo debido a las explosiones en el Pacífico Sur en el
período 1966-1970". Informe CNEA 321 (1972).
- (8) Beninson D., Beninson A., Menossi C. "Fallout radiac-
tivo debido a las explosiones en el Pacífico Sur en
el período 1971-1972 Informe CNEA 376 (1974).
- (9) Menossi C., Escribano T., Bruno H. "Contaminación Ra-
diactiva durante 1973 debida a las explosiones en el
Pacífico Sur. Informe RS 54/158 (1974).
- (10) Menossi C., Escribano T., Bruno H., Moure J. "Contamina-
ción radiactiva, en la Argentina, debida a las explo-
siones en el Pacífico Sur durante 1974" Informe RS
56/163 (1975).
- (11) Beninson D., Touzet R., Menossi C. "Cesio-137 en el
hombre y en la dieta de la República Argentina" Sexto
Congreso Argentino de Biología (Tucumán, Abril 1973).

- (12) Informes de la representación argentina ante el UNSCEAR sobre resultados de estudios ambientales realizados en la Comisión Nacional de Energía Atómica.
- (13) Beninson D., Vander Elst E., Cancio D. "Biological Aspects in the disposal Products in surface waters". Proceedings of "Disposal of radioactive wastes into seas, oceans and fresh-waters". Symposium IAEA. Vienna (1966).
- (14) Informes de Progreso. Convenio de investigación entre CNEA (Argentina) y CEA (Francia) sobre Aspectos Biológicos de la eliminación de desechos radioactivos en agua dulce. (1966/1968).
- (15) Beninson D., Cancio D., Menossi C. "Etude du transfert et de la fixation des produits de fission dans quelques espèces dulcicoles en conditions de non equilibrio". Symposium International de Radioecología - Cadarache France (1969).
- (16) Beninson D., Ramos E. "Contaminación por I-131 debida al fallout. Informe CNEA N° 75 (1962).
- (17) Health and Safety Laboratory - Manual of Standard Procedures - NYO-4700.
- (18) United Nations. "Ionizing Radiation. Levels and Effects" Report of UNSCEAR to the General Assembly - United Nations Publication - Sales N° E.72.IX.17 (1972).
- (19) Spiers F.W. "Radioisotopes in the human body: Physical and Biological Aspects". Academic Press. N. York-London (1968).
- (20) Patel B. "Field and laboratory comparability of radioecological studies" IAES - Technical Report Series N°167 - Vienna (1975).
- (21) Cancio D., Llauro J. "Incorporación de radiocesio por organismos marinos". CNEA. NT 15/76 (1976).

TABLA 5

Factores de concentración de Cs-137 en biota de agua dulce

ESPECIES	Experiencias sobre el terreno			en laboratorio
	A Agua Concentración integrada pci d/l	B Biota Concentración integrada pci d/kg	B/A Factor de concentración	
<u>PECES</u> Asiphonichthys stenopterus Cheirodon interruptus Cichlasoma facetum Cnestorodon decemmaculatus Pimelodus clarias Plecostomus commersoni Curimata sp.	2220	732600	330	21
	2220	779220	351	42
	2220	1078920	486	—
	2220	588300	265	—
	2220	825840	372	10
	2220	566100	255	—
	2220	1001220	451	21
<u>MOLUSCOS</u> Ampullaria insularum Diplodon sp. Planorbis sp.	2220	710400	320	18
	2220	1087800	490	15
	1830	1079700	590	41
<u>PLANTAS</u> Lemna polyrrhiza Ceratophyllum demersum Bacopa monieri	1830	120780	66	29
	1830	248880	136	200
	1830	113460	62	34

TABLA 6

Factores de concentración en biota acuática medidos sobre el terreno
a partir del fallout fresco y en experiencias de laboratorio

ESPECIES	Ce-144		Ru-103		Zr-95		I-131	
	A		A		A		A	
<u>PECES</u>								
Prochilodus platensis	1.9		1.7		3.2		0.5	
Pimelodus clarias	1.0		2.0		2.0		0.8	
Cichlasoma facetum	2.1		1.8		2.5		0.5	
Corydora paleatus	18.0		1.9		2.8		2.7	
Cheirodon interruptus	37.9		2.1		1.9		1.4	
Curimata sp.	50.5		1.8		1.5		1.2	
Symbranchus marmoratus	10.9		1.1		1.0		2.8	
<u>MOLUSCOS</u>	A	B	A	B	A	B	A	B
	530	252	200	136	146	72	23	65
	4	96	1	33	3	21	11	37
<u>PLANTAS</u>								
Elodea densa	2010	530	86	139	52	139	8	91
Cabomba australis	665	587	105	124	55	134	14	102

A - En laboratorio

B - Sobre el terreno

TABLA 7

Factores de concentración de productos de activación en biota de agua dulce
(en laboratorio por metodo integrales temporales de concentración)

ESPECIES	Zn-65	Co-60	Mn-56	Fe-59	Cr-51
<u>PECES</u>					
Curimata sp.	675	73	87	682	1.7
Cheirodon interruptus	474	11	15	71	1.3
Asiphonichthys stenopterus	121	2	42	45	0.7
Cichlasoma facetum	780	25	100	630	0.3
Corydora paleatus	56	2	29	23	0.4
Plecostomus commersoni	969	224	89	3000	3.5
Prochilodus platensis	3783	21	26	307	4.2
<u>MOLUSCOS</u>					
Diplodon sp.	53	70	155	14	63
Ampullaria insularum	301	211	470	140	216
Planorbis sp.	168	1940	1652	506	708
<u>PLANTAS</u>					
Cabomba australis	2030	2443	8320	519	313
Elodea densa	728	1502	11900	1139	208

TABLA 8

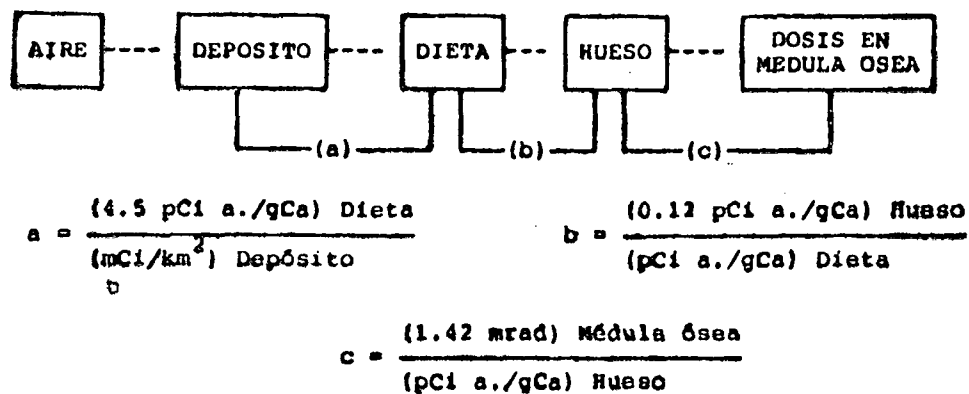
Orden de magnitud de los factores de concentración en biota de agua dulce

ESPECIES	Sr	Cs	Ru	Zr	Ce	Mn	Fe	Co	Cr	Zn
PECES	10^2	10^2	10^0	10^0	10^0-10^1	10^1-10^2	10^1-10^3	10^0-10^2	10^0	10^2-10^3
CRUSTACEOS	10^2-10^3	10^1	10^2	10^3	10^3	10^3	10^2	10^3	10^3	10^2
MOLUSCOS	10^3	10^1-10^2	10^1-10^2	10^1-10^2	10^1-10^3	10^2-10^3	10^1-10^2	10^2-10^3	10^2-10^3	10^2
PLANTAS	10^1	10^2	10^2	10^2	10^2-10^3	10^4	10^3	10^2-10^3	10^2	10^2-10^3

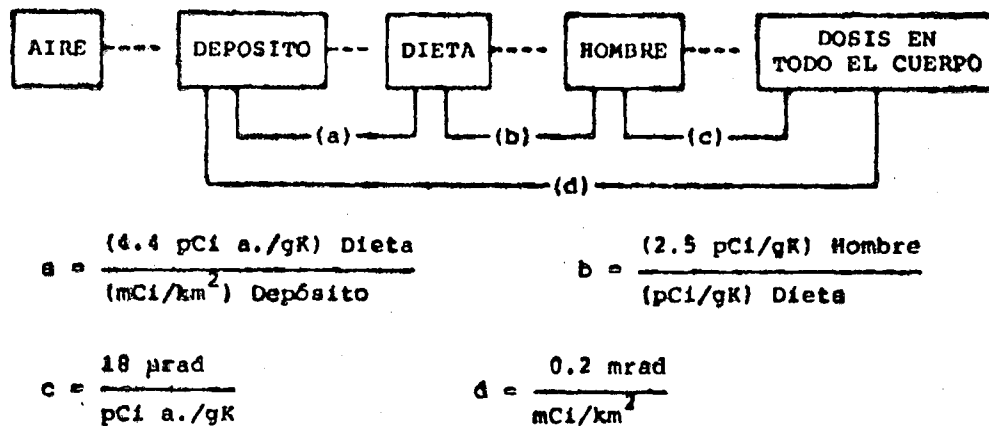
FIGURA 1

PARAMETROS DE TRANSFERENCIA Y DOSIS COMPROMETIDA EN EL HOMBRE

Estroncio - 90



Cesio - 137



Iodo - 131

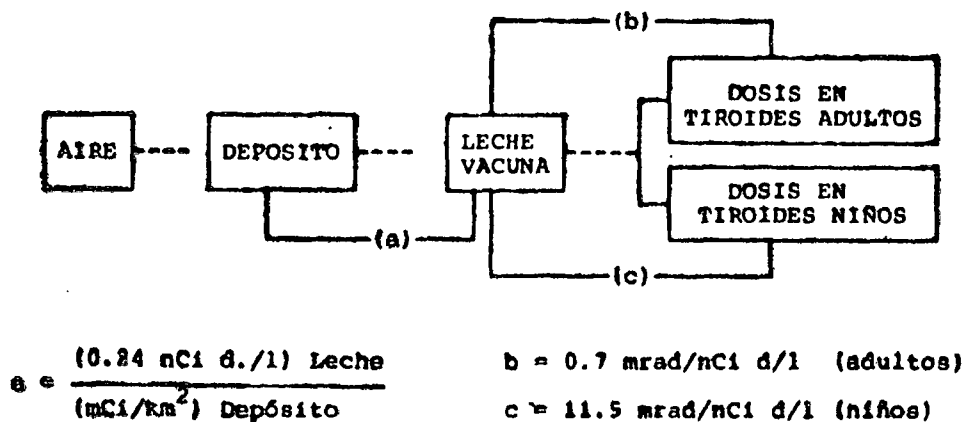


FIGURA 2

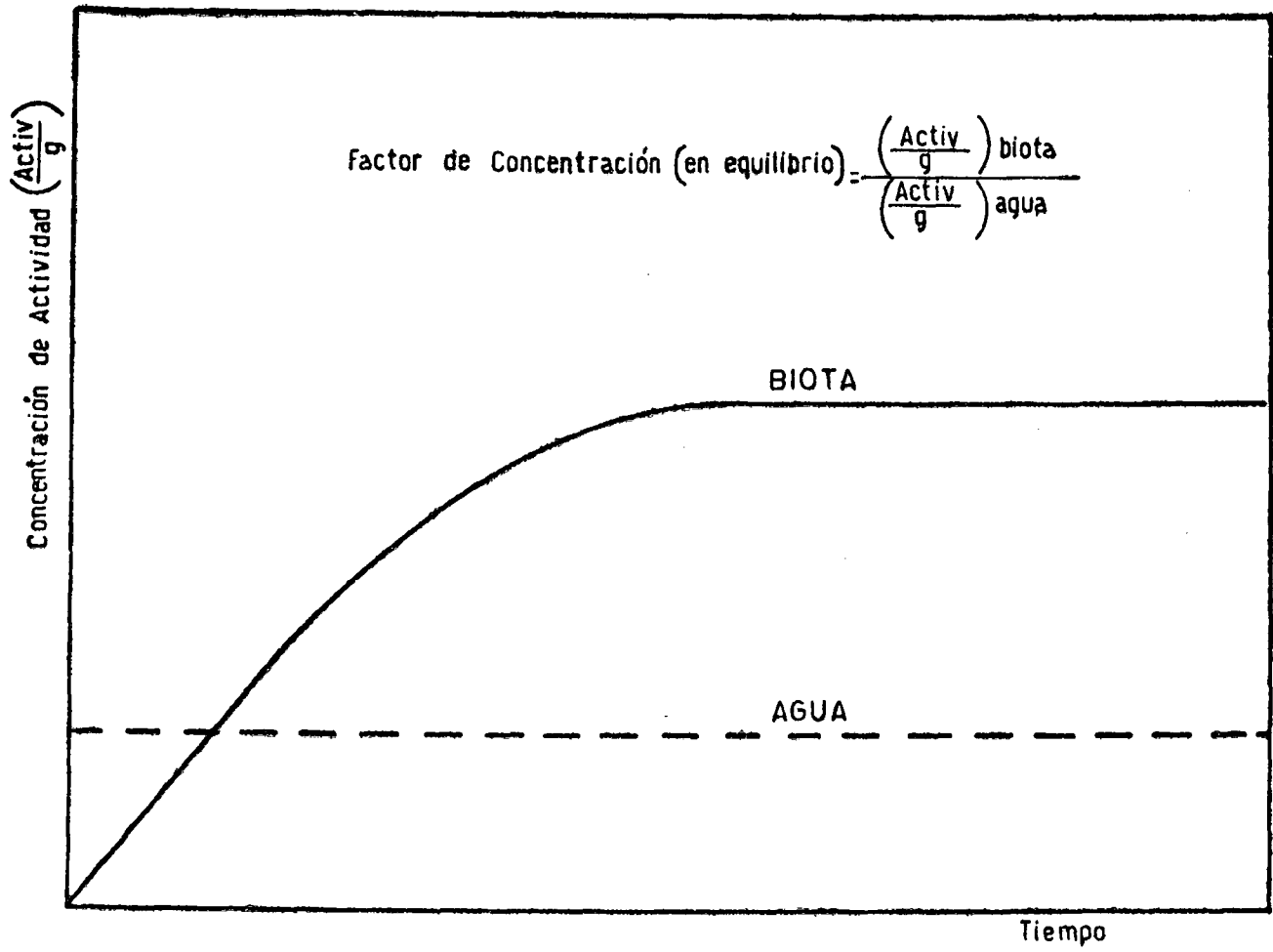


FIGURA 3

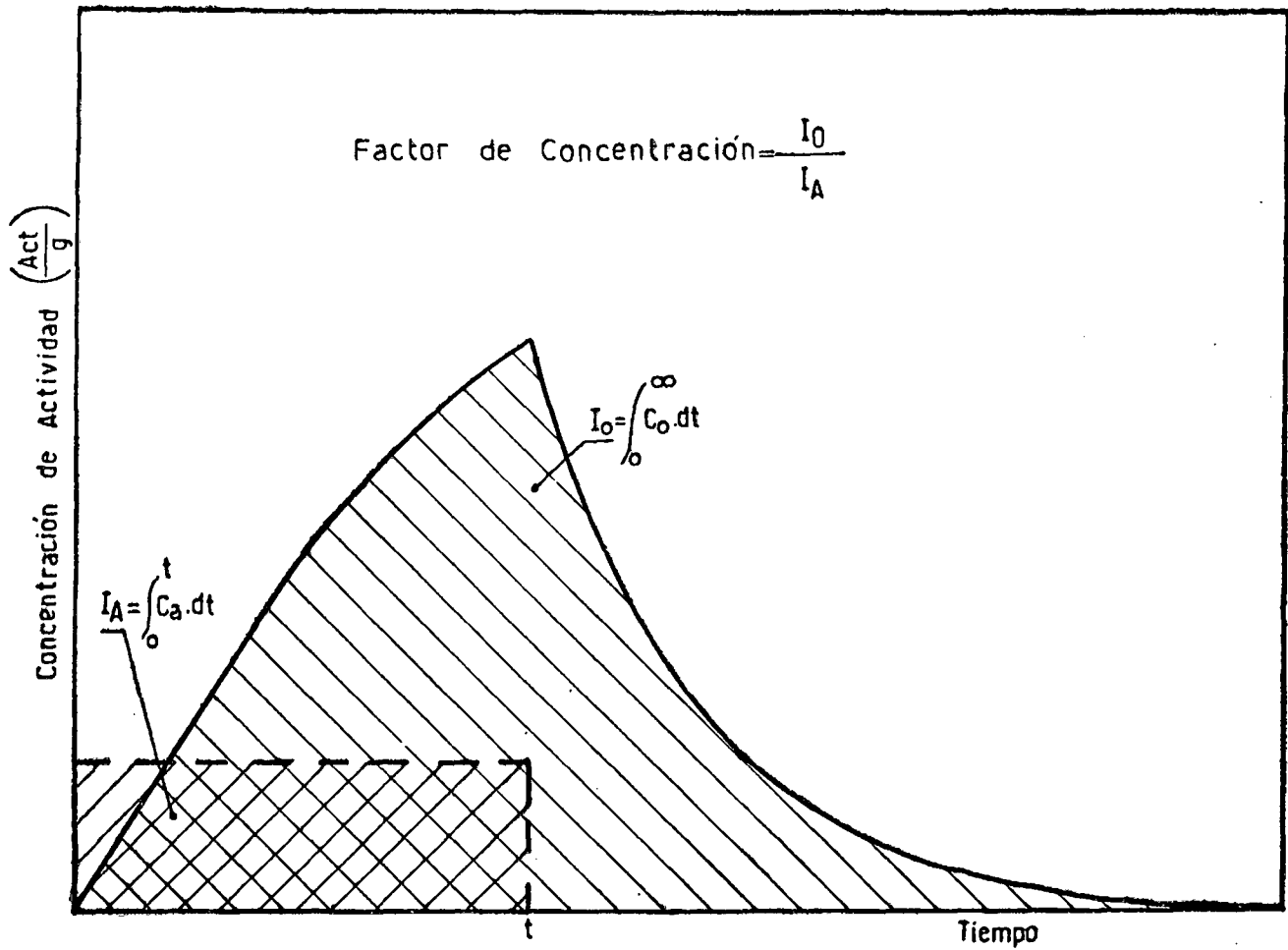


TABLA 1

ESTRONCIO - 90

Resultados del programa de monitoreo ambiental

Año	Depósito mci Sr-90/km ²	Conc.promedio en leche pci Sr-90/gCa	Conc.promedio en dieta total pci Sr-90/gCa	Conc.promedio en hueso humano adulto pci Sr-90/gCa
1965	1.97	6.51	8.10	1.39
1966	2.11	5.23	6.67	1.62
1967	1.19	5.22	6.58	1.34
1968	1.26	3.83	4.83	1.71
1969	0.88	4.25	5.70	1.28
1970	0.85	3.28	4.47	1.29
1971	1.09	4.20	5.30	1.17
1972	0.90	3.76	5.00	1.18
1973	0.55	2.82	3.69	0.97
1974	0.70	2.38	3.10	0.95
1975	0.28	2.13	2.86	0.97
1976	0.17	0.85	1.17	0.96

TABLA 2

CESIO-137

Resultados del programa de monitoreo ambiental

Año	Depósito mci Cs-137/km ²	Conc.promedio en leche pci Cs-137/gK	Conc.promedio en dieta total pci Cs-137/gK	Conc.promedio en todo el cuerpo pci Cs-137/gK
1966	2.58	17.0	-	31.0
1967	1.71	14.9	7.9	20.0
1968	1.47	13.3	6.2	16.3
1969	1.20	14.2	5.87	12.8
1970	1.33	14.0	5.61	14.5
1971	1.47	13.7	5.70	13.8
1972	1.33	12.4	5.07	12.4

TABLA 3

iodo-131

Parámetro de transferencia entre el depósito y la leche

Año	L	d	L/d
	Concentración integrada en leche mci d/l	Depósito mci/km ²	$\frac{\text{mci d/l}}{\text{mci/km}^2}$
1962	4.45	20.0	0.22
1966	27.0	138.6	0.20
1967	4.35	16.5	0.24
1968	2.48	9.0	0.28
1970	4.56	19.1	0.24
1971	4.17	20.3	0.21
1972	7.00	26.7	0.26
1973	1.74	0.8	0.22
1974	8.48	31.4	0.27

TABLA 4

Factores de discriminación Sr/Ca y factores de concentración de estroncio en biota de agua dulce

ESPECIES	Factores de discriminación Sr/Ca		Factores de concentración de Sr (medición elementos estables)
	en laboratorio (técnica doble trazador)	sobre el terreno (medición elementos estables)	
<u>PECES</u>			
<i>Prochilodus platensis</i>	0.40	0.36	238
<i>Pimelodus clarias</i>	0.47	0.35	101
<i>Cichlasoma facetum</i>	0.44	0.66	463
<i>Corydora paleatus</i>	0.55	0.65	781
<i>Cheirodon interruptus</i>	0.55	0.49	187
<i>Curinata sp</i>	0.52	0.42	223
<i>Acestrorhamphus yenynei</i>	0.42	0.46	161
<u>CRUSTACEOS</u>			
<i>Aegla platensis</i>	1.04	0.91	1098
<i>Macrobrachium marmoratus</i>	1.13	0.90	263
<u>MOLUSCOS</u>			
<i>Diplodon sp.</i>	0.84	0.51	2630
<i>Ampullaria insularum</i>	0.39	0.43	1418
<i>Planorbis sp.</i>	0.33	0.34	991
<i>Linnea sp.</i>	0.41	0.62	1667