

# EL PROGRAMA DE PROTECCION RADIOLOGICA EN EL INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS (IVIC)

[RADIATION PROTECTION PROGRAMME IN THE VENEZUELAN INSTITUTE OF SCIENTIFIC RESEARCH]

A. Lopez Barrios, J. Diaz, E. Gonzalez, D. Lea, Venezuela

## Abstract

The paper describes the main activities of the radiation protection service in the IVIC concerning: 1. the operation of nuclear reactor RV-1, 2. utilization of radioisotopes, 3. radioactive waste management, 4. personal dosimetry and control of internal contamination, 5. environmental radioactivity and 6. technical assistance to other units of the Institute.

En el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) existen diversas actividades relacionadas con las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear:

Explotación de un reactor nuclear de investigación de 3MW, utilización de numerosos radionúclidos principalmente como compuestos marcados en diferentes laboratorios de investigación.

Fue necesario organizar un Servicio de Radiofísica Sanitaria con el objeto de garantizar la seguridad del personal expuesto a las radiaciones ionizantes. En el organigrama adjunto (Figura N°1) se puede observar la ubicación administrativa del Servicio. Toda la rutina administrativa se procesa a través del Centro de Física. Sin embargo, la Jefatura del Servicio tiene acceso a la Dirección del Instituto cuando las circunstancias así lo requieren, garantizando así el eventual apoyo a las medidas que el servicio pueda tomar en cumplimiento de las atribuciones que le han sido encomendadas. El Instituto dispone de un conjunto de normas de protección radiológica, inspiradas en las emanadas del Organismo Internacional de Energía Atómica, las cuales sirven de marco a todas las actividades del Servicio.

Con el objeto de hacer más clara nuestra descripción, la dividiremos en los siguientes aspectos: I.- Actividades relacionadas con el Reactor Nuclear RV-1; II.- Tareas relacionadas con los laboratorios que utilizan radionúclidos; III.- Desechos radiactivos; IV.- Dosimetría Personal y Control de Contaminación Interna; V.- Radiactividad Ambiental; VI.- Asistencia Técnica.

### I.- Actividades relacionadas con el Reactor Nuclear RV-1

El Reactor Nuclear RV-1 es un reactor experimental de piscina con agua liviana, sus elementos combustibles están enriquecidos con Uranio-235. Su potencia es de 3MW  
Entre los dispositivos para irradiación con que cuenta el reactor están: Dos columnas térmicas, seis tubos de haces, dos sistemas

neumáticos (rabbits), seis tubos verticales y una cesta de irradiación. De los seis tubos de haces se utilizan normalmente tres, en estos están instalados equipos para difracción de neutrones, neutrografía y prompt gamma.

Los sistemas neumáticos están dedicados a análisis; uno de ellos con salida en la misma área experimental destinado a análisis de uranio por neutrones retardados a cargo del Servicio de Ingeniería Nuclear, el otro con salida a un laboratorio anexo al reactor, destinado a análisis por activación (Fundamentalmente en el análisis de crudos y catalizadores para la industria del petróleo) a cargo del Laboratorio de Química Analítica.

La cesta de irradiación se utiliza fundamentalmente en la producción de radioisótopos.

El conjunto de tubos verticales es usado principalmente en análisis por activación y eventualmente en la producción de radioisótopos.

Las tareas de protección radiológica desarrolladas en conexión con el reactor comprenden; a) Dosimetría personal; b) Monitoreo de áreas; c) Control de contaminación.

a) Dosimetría personal.-

Este punto será desarrollado en conjunto con la dosimetría personal del Instituto.

b) Monitoreo de áreas.-

Existe un programa diario de monitoreo dentro del cilindro del reactor que abarca un gran número de puntos distribuidos adecuadamente, tanto en el área experimental, como la plataforma y el sótano (Figura N° 2).

Este monitoreo se realiza en forma rutinaria cada vez que el reactor sube potencia. Además, siempre que las condiciones de trabajo de algún grupo del área experimental lo exija, se hace un monitoreo minucioso alrededor de cada conjunto experimental, o también cuando se realiza una modificación de las condiciones de trabajo.

Cuando se extraen muestras de los tubos verticales y de la cesta de irradiación, siempre hay personal de Radiofísica Sanitaria supervisando la operación, con el propósito de garantizar que se cumplan las disposiciones existentes sobre transporte de materiales radiactivos y de tomar las medidas necesarias en el caso de que se produzca un accidente que conlleve a contaminaciones y/o exposiciones indeseables.

El monitoreo de las muestras irradiadas para análisis por activación es esporádico, ya que las magnitudes de las exposiciones es muy homogénea dentro de los grupos de análisis.

Cuando se trabaja en análisis de uranio por neutrones retardados, (rabbit del área experimental) el control es permanente, ya que el sistema esta en su etapa experimental.

También se supervisa cualquier trabajo que involucre movimientos de componentes del núcleo.

c) Las tareas de control de contaminación se realiza a los siguientes niveles:

- 1.- Personal del Reactor RV-1.
- 2.- Superficies de trabajo.
- 3.- Agua de la piscina.
- 4.- Aire.

1.- Control de contaminación interna.- Este punto se reseñará en el capítulo de servicios a nivel de todo el Instituto.

2.- Control de contaminación en las superficies de trabajo.

Se efectúa trimestralmente, principalmente en la plataforma del reactor, alrededor de la piscina, canales de transferencia y cuarto de control. Eventualmente se realiza en algunos sitios de trabajo del área experimental. Esto se efectúa mediante frotis con papel filtro los cuales posteriormente son contados por centelleo líquido. El resultado de estos controles ha indicado hasta ahora, un nivel de contaminación máximo de aproximadamente  $3 \times 10^{-5} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ .

3.- Control de actividad en el agua de la piscina. Se hace principalmente con el fin de determinar la vía de eliminación del agua del reactor en los casos en que es necesario vaciar la piscina (mantenimiento anual). Se recurre a la espectrometría gamma utilizando un cristal de NaI (TI) 7,6 x 7,6 cm. un marinelli de tres litros y un multicanal.

Se colabora además en el control permanente del agua del reactor que lleva a cabo el equipo de trabajo de Ingeniería Nuclear, el cual consiste en hacer pasar agua del reactor (del nivel por donde vuelve el agua después de pasar por el intercambiador de calor) a través de resinas de intercambio iónico, donde se investiga la presencia de productos de fisión por medio de un detector de centelleo sólido asociado a un espectrómetro monocanal (ventana para  $^{134}\text{I}$ ) y un registrador.

4.- Control de contaminación en el aire. El Servicio es responsable del control y calibración de todos los monitores de área tanto los de radiación como los sistemas diseñados para el monitoreo continuo de la contaminación del aire. (Geiger Muller de ventana terminal con filtro y bomba para la circulación de aire).

Los equipos de monitoreo de aire están localizados en: Area experimental, plataforma y chimenea del reactor. Sus señales son registradas permanentemente, unos en el cuarto de control del reactor y otros en el laboratorio de dosimetría de nuestro Servicio.

## II.- Tareas relacionadas con los laboratorios que utilizan radionúclidos.

Tal como se observa en la Tabla I en el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) se consumen anualmente una cantidad variable de diferentes radionúclidos. Esto genera una serie de tareas las cuales están especificadas en las normas de seguridad radiológica del Instituto (1). En efecto; entre las responsabilidades del Servicio están:

Evaluar todos los proyectos y planes concernientes al uso de material radiactivo. Guiar, a solicitud del interesado o cuando lo estime necesario, a las personas encargadas de estos proyectos conforme a las normas de seguridad radiológica.

Evaluar todos los proyectos y planes para el uso de máquinas generadoras de radiaciones ionizantes. Guiar, a solicitud del interesado o cuando lo juzgue necesario, a las personas encargadas de estos proyectos según las normas de seguridad radiológica.

Revisar todas las solicitudes, recibos y envíos de material radiactivo, aprobando sólo aquellas que estén conformes a las normas vigentes del IVIC.

Mantener todas las solicitudes, recibos y envíos de material radiactivo, aprobando sólo aquellos que estén conformes a las normas vigentes del IVIC.

Mantener al día expedientes de todas estas solicitudes. Recibir todo material radiactivo enviado al Instituto y remitirlo a su destinatario después de asegurarse que han sido observadas las normas del IVIC.

Un aspecto práctico de esto último es que el Departamento de Compras del Instituto no procesa ninguna adquisición de material radiactivo, sin la previa autorización del Servicio de Radiofísica Sanitaria.

Por otra parte las mismas normas señalan:

Mantener una vigilancia general, con la frecuencia que requieran las circunstancias, sobre las áreas de trabajo, sitios de almacenamiento, etc. donde se manipulan agentes radiológicos.

Vigilar porque no se sobrepasen los niveles permisibles de exposición radiológica establecidas en estas normas. Con el objeto de implementar las normas citadas, se efectúan visitas a los diferentes laboratorios trimestralmente. En estas visitas se controlan las condiciones de trabajo así como también se realiza el control de contaminación de áreas. Los frotis obtenidos se cuentan mediante la técnica de centelleo líquido.

### III.- Desechos Radiactivos.

Otra de las funciones del Servicio es la de mantener un sistema de recolección, tratamiento y evacuación de desechos radiactivos. De acuerdo con la Tabla I, puede verse que la mayoría de los desechos radiactivos generados pueden ser clasificados como de actividad baja e intermedia. En cuanto a la vida media, ninguno excede la del  $^{14}\text{C}$ .

Los desechos radiactivos pueden ser agrupados en dos categorías: sólidos, formados en su mayor parte por papel, vidrio, plástico y animales de experimentación, y los líquidos, constituidos en su mayor parte por sustancias para contaje por centelleo líquido y soluciones de diferentes naturaleza, dependientes del tipo de trabajo realizado en cada laboratorio.

Los desechos radiactivos líquidos son recolectados en envases especiales en cada laboratorio y posteriormente evacuados junto con los sólidos en una fosa destinada a tal fin. La mencionada fosa está construída en un terreno destinado exclusivamente para la deposición de desechos radiactivos.

La Figura 3 presenta algunos de sus detalles: El piso está formado por una placa de concreto de 10 cm. de espesor, con un sobrepiso de cemento pulido de 3 cm. Las paredes están construidas con bloques de 20 cm. con mezclilla y cemento solo pulido. Las divisiones de los distintos compartimientos son de bloques de 15 cm. también pulidos.

Tal como se observa en la Figura 3, se destinaron varios compartimientos solamente para los desechos radiactivos líquidos pudiendo ser solidificados in-situ mediante la agregación de cemento en polvo.

Los desechos sólidos no sufren ningún tratamiento previo a su deposición, con excepción de los animales experimentales que son incinerados o tratados con cal viva. Todos los desechos de media vida corta son almacenados previamente en un lugar especial por más de 7 medias vidas antes de su deposición final en el terreno, o su liberación al medio ambiente.

La forma descrita para la evacuación de desechos esta inspirada en las recomendaciones hechas por el Organismo Internacional de Energía Atómica (2).

#### IV.- Dosimetría personal.

La dosimetría personal se efectúa mediante el dosímetro de película. En la actualidad existen 223 personas dosimetradas distribuidas de las siguientes maneras: Física Nuclear (9), Reactor (21), Centros de Microbiología (12), Biofísica y Bioquímica (66), Química y Ecología (14), Departamento de Medicina Experimental (60).

Puesto que las normas de seguridad radiológica vigentes en el IVIC, establecen que la máxima autoridad en materia de protección radiológica es el Director, se ha considerado prudente mantener dosimetradas a un número de personas aún cuando solamente trabajen con  $^3\text{H}$  y  $^{14}\text{C}$ , con el objeto de garantizar pruebas en el caso de un eventual reclamo, por daños y perjuicios, debido a las radiaciones ionizantes.

La Tabla II muestra la evolución de la dosis recibida por el personal del Instituto en el período 1974-1976. Puede observarse que todas están por debajo del máximo permisible.

También en conexión con las tareas realizadas a nivel de los diferentes laboratorios, se ha implementado un programa de monitoreo de contaminación interna. Según algunos de los criterios expuestos por Stradling (3) se realizan análisis de orina dos veces al año. A los grupos del Reactor y Análisis por Activación, se monitorean trimestralmente o cuando las circunstancias lo requieren.

#### V.- Radiactividad Ambiental.-

El Servicio de Radiofísica Sanitaria lleva también a cabo un programa limitado de determinaciones de radiactividad ambiental. Este consiste en: Determinación de actividad total beta y gamma en aire, mediante filtros colocados en las siguientes regiones del país: Mérida, La Aguada, Pico Espejo y en el IVIC. En 1976 se determinaron las actividades totales beta y gamma para las principales aguas potables de Venezuela.

En colaboración con la Oficina Sanitaria Panamericana se determina el contenido de  $^{90}\text{Sr}$  y otros radionúclidos en leche fresca en muestras promedio mensuales.

## VI.- Asistencia Técnica.

El Servicio colabora con los diferentes laboratorios en aspectos tales como centelleo líquido, producción de isótopos etc. También es su responsabilidad la calibración y funcionamiento de dos fuentes de  $^{60}\text{Co}$  de 5.000 y 50.000 C. En las referidas fuentes se efectúan irradiaciones de diferentes tipos, acorde con los programas de investigación de los diferentes laboratorios.

## REFERENCIAS

- (1) Normas de Seguridad Radiológica del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), 1970.
- (2) Evacuación de los Desechos Radiactivos en el suelo.  
"Colección Seguridad" OIEA, Viena (1968)
- (3) Stradling G.N., Design and Implementacion of Biological Monitoring Programs for Tritium, Proceedings series of a Symposium on assessment of Radioactive contamination in man. OIEA, Viena (1972)

FIGURA 1  
INSTITUTO VENEZOLANO DE  
INVESTIGACIONES CIENTIFICAS (IVIC)  
ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL

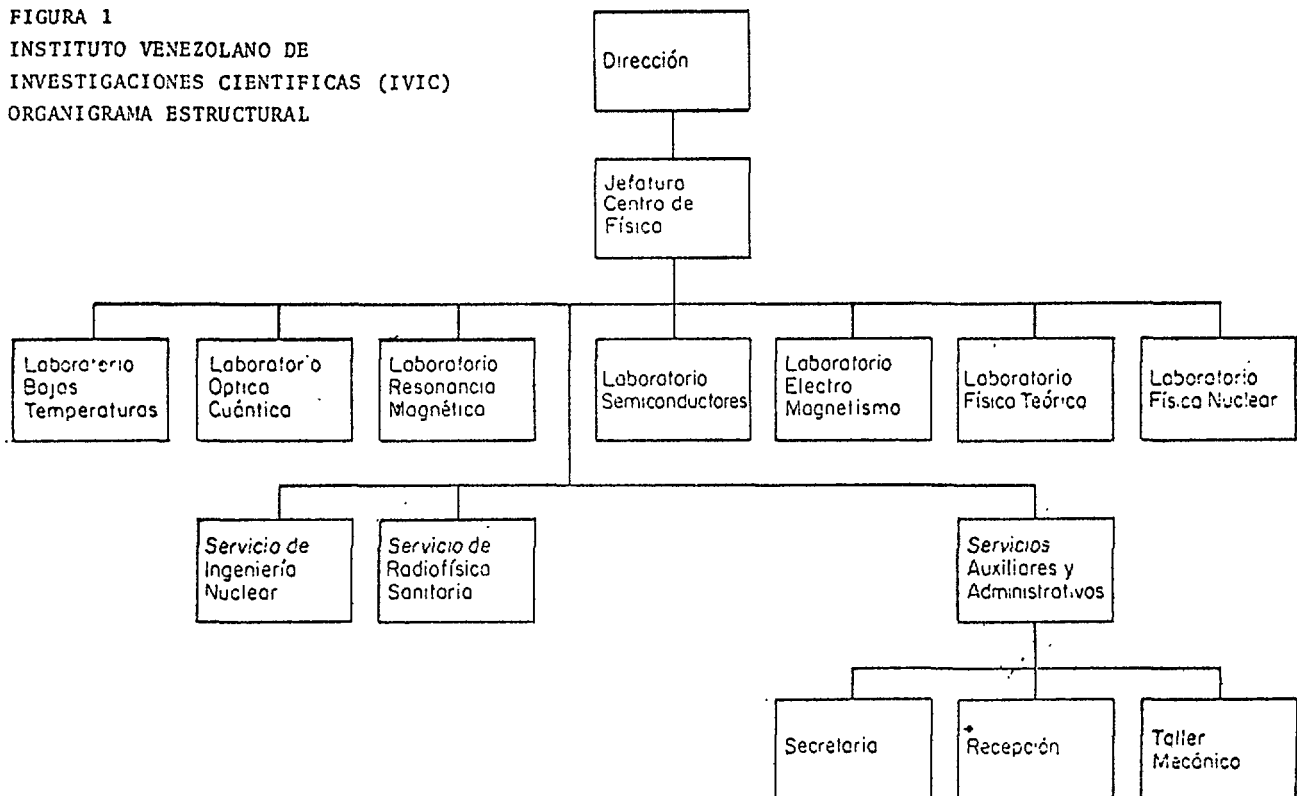
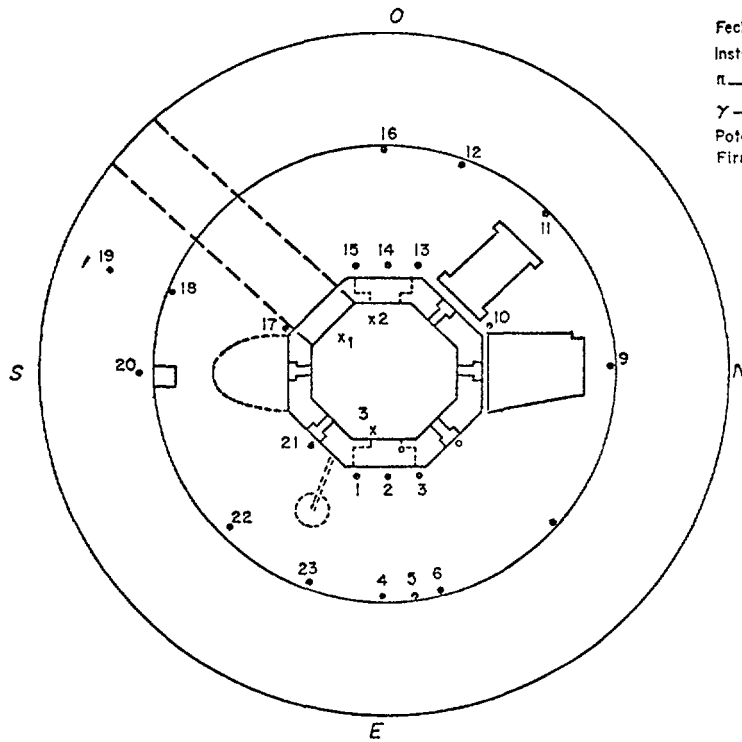


Figura 2.

MAPA DE RADIACION DEL AREA EXPERIMENTAL Y PLATAFORMA DEL REACTOR



PLATAFORMA (X)

Fecha: \_\_\_\_\_ Monitor aire c.p.m. \_\_\_\_\_  
 Instrumento \_\_\_\_\_ chimenea c.m.p. \_\_\_\_\_  
 n \_\_\_\_\_  
 γ \_\_\_\_\_  
 Potencia \_\_\_\_\_  
 Firma: \_\_\_\_\_

Pto.	n	γ
1		
2		
3		

AREA EXPERIMENTAL (\*)

Monitor aire c.p.m. \_\_\_\_\_  
 VAMP ESTE \_\_\_\_\_  
 VAMP OESTE \_\_\_\_\_

Pto.	n	γ
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		

Pto.	n	γ
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		

SOTANO

Pto.	n	γ
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

Figura 3.

ESQUEMA DE LA FOSA UTILIZADA EN EL IVIC PARA DESECHOS RADIOACTIVOS.

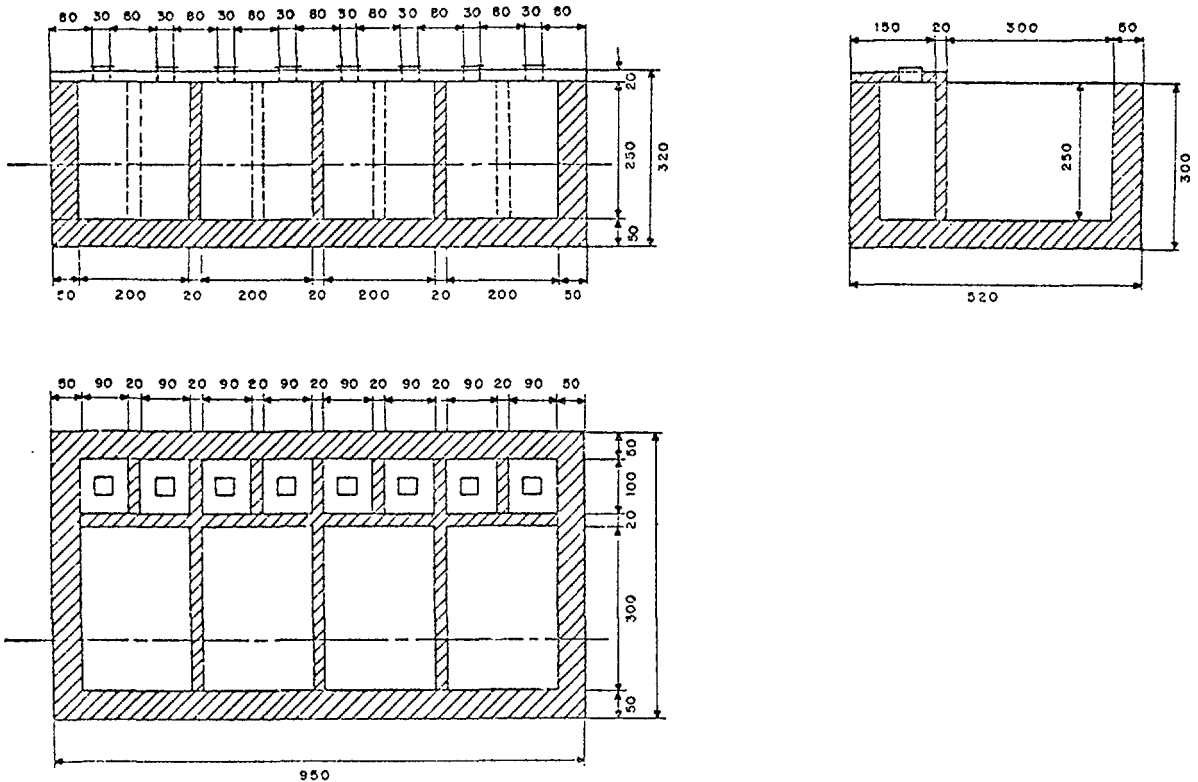




TABLA I

PRINCIPALES RADIONUCLIDOS CONSUMIDOS EN EL INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS  
(MILICURIES)

RADIONUCLIDOS	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
<sup>59</sup> Fe	32,3	19,30	52	19	12	109	9
<sup>32</sup> P	51,1	91,0	71	27	98	412	300
<sup>14</sup> C	507,75	188,30	322	87	422	511	22,05
<sup>35</sup> S	24	5	1	3	11	5	15
<sup>51</sup> Cr	21	16	14	20	18	25	41
<sup>55</sup> Fe	28,6	150,22	100	-	-	30	100
<sup>125</sup> I	4	0,50	-	1	41	262	76
<sup>57</sup> CO	97,1	-	5,4	10,4	21	15	-
<sup>3</sup> H	205,0	115,39	205	37	98	221	57,35
<sup>131</sup> I	19	15	1	2	-	2	-
<sup>22</sup> Na	17	1	31	2	4	10	-
<sup>36</sup> Cl	101	2	5	5	10	2	-

TABLA II

EVOLUCION DE LA DDSIS RECIBIDA POR EL PERSONAL DEL INSTITUTO EN EL PERIODO 74-76

DEPENDENCIA	AÑO	DOSIS PROMEDIO ANUAL (mRem)	PERSONAS EXPUESTAS	PERSONAS DOSIMETRADAS
FISICA NUCLEAR	1974	45	3	10
	1975	15	3	9
	1976	20	3	9
REACTOR	1974	226	16	21
	1975	96	14	18
	1976	23	15	21
CENTRO DE MICROBIOLOGIA	1974	24	3	17
	1975	23	6	30
	1976	<10	5	42
DEPARTAMENTO DE MEDICINA	1974	20	3	40
	1975	<10	7	41
	1976	10	10	60
CENTRO DE BIOFISICA Y BIOQUIMICA	1974	18	2	54
	1975	54	7	63
	1976	30	12	66
CENTRO DE QUIMICA	1974	92	5	18
	1975	10	5	11
	1976	40	8	11
CENTRO DE ECOLOGIA	1974	0	0	12
	1975	0	0	15
	1976	0	0	14