

# Respuesta orgánica a la radiación corporal total: Estudio experimental en ratas

Martín de Miguel, M. J. \*

Pardo Masferrer, J. \*

Moratinos Palomero, P. \*

Menéndez del Campo, J. A. \*

Pérez Piqueras, J. L. \*

Gutiérrez Ortega, C. \*

## RESUMEN

Desde el inicio del uso de la energía nuclear en la década de los años cuarenta, para fines industriales, sanitarios y militares, se han efectuado numerosos estudios tanto en seres humanos afectados por explosiones nucleares, accidentes y contaminaciones radiactivas como en animales de experimentación, con el fin de evaluar las alteraciones orgánicas y funcionales producidas por la Radiación Corporal Total (RCT).

A pesar del elevado número de investigaciones efectuadas persisten demasiados aspectos poco claros en el conocimiento de la afectación corporal por la irradiación.

El presente trabajo pretende efectuar la valoración, por una parte, de las alteraciones analíticas en sangre y, por otra, de las alteraciones en los pesos orgánicos de una serie de animales sometidos a RCT con una dosis de radiación igual a la DL 50/30 para su especie, comparándolas con una serie control. Para tal fin se seleccionaron dos series de ratas de la raza wistar, de 22 y 20 animales, respectivamente. A una de las dos series se le sometió a RCT con Cobalto-60, administrándole una dosis única de 900 cGy mediante dos campos opuestos, superoinferior e inferosuperior, de 450 cGy cada uno, para lo que fueron introducidas en una jaula de metacrilato, en grupos de cinco animales. Al cabo de treinta días de observación clínica o de postirradiación, se sacrifican las dos series de animales mediante mascarilla de éter, y se efectúa extracción sanguínea por punción intracardiaca. Posteriormente, se efectuó la disección de los animales y el pesaje de sus órganos.

Con los resultados obtenidos, se efectuó un contraste de hipótesis para la igualdad de medias entre las dos series, para órganos y analítica sanguínea en el que resultaron significativamente diferentes los siguientes: hígado, páncreas, ovarios, encéfalo, timo, creatinina, SGOT, SGPT, fosfatasa alcalina, Na, urea, RBC, Hto, Hb, MCV, MCH, MCHC, WBC, segmentados, linfocitos, A/G, beta-globulina, TEST, TEST-L, cortisona e insulina.

## SUMMARY

Since the beginning of the use of nuclear energy in the forties, for industrial, health and military uses, numerous studies have been carried out both on human beings affected by nuclear explosions, accidents and radioactive contamination, and on experimental animals, in order to evaluate the organic and functional alterations arising from Total Corporal Radiation (T.C.R.).

In spite of the large number of investigations carried out, certain aspects are still most nuclear in the area of knowledge of the corporal effects of radiation.

The present work attempts to make an evaluation, on the one hand of analytical alterations in the blood, and on the other of alterations in organic weights in a series of animals subjected to T.C.R. with a radiation dosage equal to DL 50/30 for its species, comparing them with a control series. To do this, 2 series of rats of the wistar family, of 22 and 20 animals respectively, were selected. One of the 2 series was submitted to T.C.R. with Cobalt-60, administering a single dose of 450 cGy each, for which they were placed in a methacrylate cage in groups of 5 animals. At the end of 30 days of clinical observation or post-radiation, the 2 series of animals were sacrificed using ether mask and sanguinary extraction carried out by intracardiac puncture. Later the animals were dissected and their organs weighed.

With the results obtained, a comparative hypothesis was made for the same measures between the two series, for organs and sanguinary analyses, in which the following showed significant differences: liver, pancreas, ovaries, encephalous, thymus, creatinine, SGOT, SGPT, alkaline phosphatase, Na, urea, RBC, Jtp. Jn. CV, MCH, MCHC, WBC, segments, lymphocytes, A/G, betaglobuline, TEST, TEST-L, cortisone and insulin.

## 1. INTRODUCCION

### 1.1. Radiobiología

La investigación de los efectos sistémicos de la radiación para diferentes niveles de dosis representa

un campo muchas veces empírico y especulativo. Por una parte, no se sabe a ciencia cierta las causas de las lesiones más elementales a nivel celular y, por otra, los estudios en humanos se realizan casi siempre como consecuencia de accidentes, Mole, 1971 (19).

A pesar de estas limitaciones, consideramos que la utilidad de estudios expe-

\* Hospital Militar Central "Gómez Ulla". Servicios de Radioterapia, Anatomía Patológica, Medicina Nuclear y Departamento de Medicina y Cirugía Experimental.

rimentales es perfectamente válida, aunque no se pueda extrapolar al ser humano.

La obtención de conclusiones hasta llegar a los conocimientos actuales se ha realizado a través de:

1) Estudios de enfermedades profesionales en personas profesionalmente expuestas, Warren, 1956 (35); Seltser, 1965 (28); Court-Brown, 1958 (7).

2) Estudios experimentales en animales, modificando dosis, calidades de radiación, condiciones externas e internas de recepción de dosis, etc., Moustafa, 1979 (20); Thames, 1981 (31), Lauk, 1988 (16).

3) Personas expuestas a accidentes y explosiones nucleares, Beebe, 1962 (3); Conard, 1965 (6); Steer, 1971 (29); Bengtsson, 1987 (4); Kraljevic, 1987 (14).

4) Estudios en humanos subsecuentes a tratamientos radioterápicos, Tubbiana, 1963 (32); Stein, 1967 (30); Bogo, 1987 (5).

Organo	Valor de t	Valor de P
Higado .....	2,555	2,02
Páncreas .....	9,089	2,04
Ovarios .....	4,485	1,99
Encéfalo .....	2,808	2,03
Timo .....	2,810	2,04

Tabla 1. Organos con pesos medios significativamente diferentes.

## 1.2. Ensayos de investigación en el síndrome de radiación

Los ensayos de investigación tienen la ventaja de simular las mismas condiciones que rodean a la exposición radiactiva, realizados en animales de experimentación.

Los ensayos clínicos que utilizan cier-

Organo	Valor de F	Valor de P
Páncreas .....	6,767	2,88
Suprarrenales .....	2,198	2,07
Riñones .....	2,747	1,85
Gl. lacrimales .....	4,015	2,04
Gl. salivares .....	3,748	2,67
Tráq. y pulmones .....	15,473	2,56

Tabla 2. Organos con varianzas de pesos significativamente diferentes.

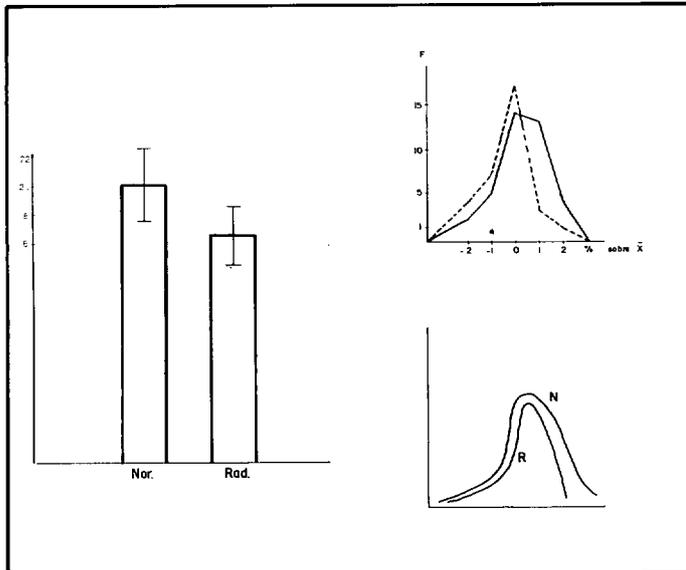


Fig. 1: OVARIOS.

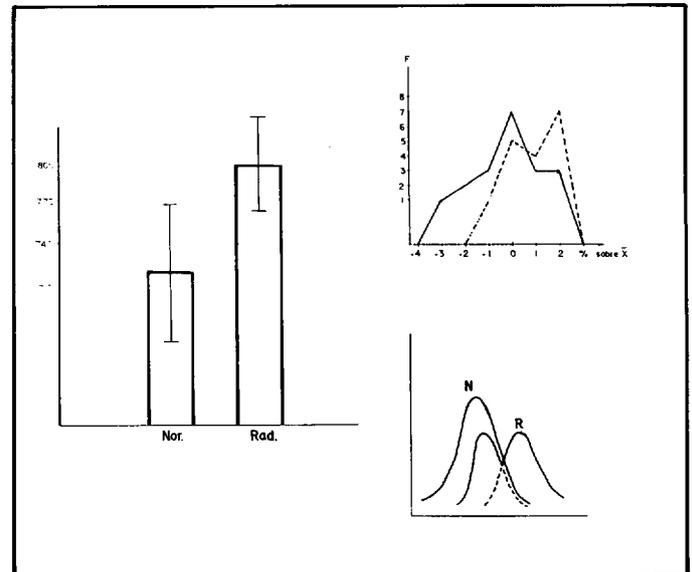


Fig. 2: ENCEFALO.

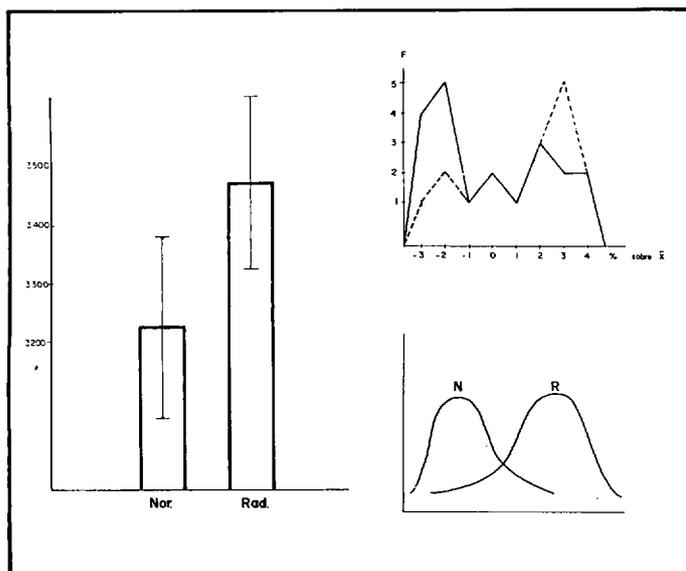


Fig. 3: HIGADO.

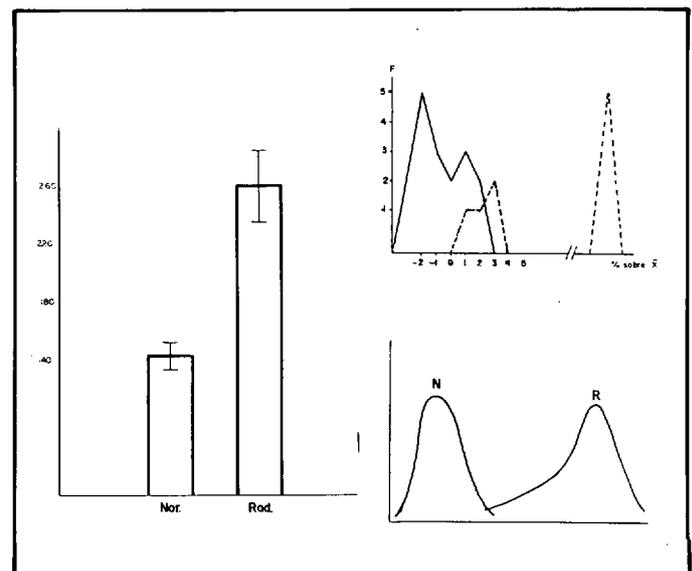


Fig. 4: PANCREAS.

**Respuesta orgánica  
a la radiación corporal total:  
Estudio experimental  
en ratas**

tas drogas tratan de demostrar la capacidad de anulación de los síntomas generados en el síndrome de radiación corporal total (RCT), Giambarresi, 1987 (10).

Igualmente el uso de compuestos químicos, que se usan en la medicina general, y que pueden resultar útiles en enfermedades en las que aparecen algunos o varios síntomas de los que se presentan en la RCT, Young, 1986 (36).

Los estudios que eventualmente se practican en seres humanos han de seguir una serie de normas éticas elementales, además de ajustarse a la legislación de cada país, según los casos. Los objetivos que se pretenden conseguir deben tratar de puntualizar aquellos aspectos que previamente se han estu-

diado en profundidad mediante ensayos de investigación animal o ensayos clínicos. Referidos a:

- 1) Valorar la conveniencia de la utilización de una droga en base a los conocimientos de todo tipo que hay de ella: físicos, químicos, bioquímicos, farmacocinéticos...
- 2) Confirmar la ausencia de efectos colaterales o secundarios de las drogas.
- 3) Valorar interacciones con agentes químicos profilácticos o terapéuticos.

**1.3. Justificación del trabajo**

El propósito de este trabajo es realizar:

un estudio en ratas, administrándoles una dosis de RCT que representa para este tipo de animal la dosis letal 50/30 (DL 50/30), Latorre Travis, 1979 (40); es decir, la dosis que provoca un 50 por 100 de muertes al cabo de treinta días de evolución. Hemos efectuado esta experiencia con otra simultánea en la que se han tomado ratas normales como testigo de las irradiadas, para contrastar datos analíticos.

Se les ha administrado una dosis de 900 cGy en dos campos opuestos, uno supero-inferior y otro infero-superior, de 450 cGy cada uno.

El objetivo que se persigue es evaluar las consecuencias de la administración

Organo	Valor de t	Valor de F	Valor de P	Valor de P
Páncreas .....	9,089	6,767	2,02	2,88

Tabla 3. Organos con medias y varianzas de pesos significativamente diferentes.

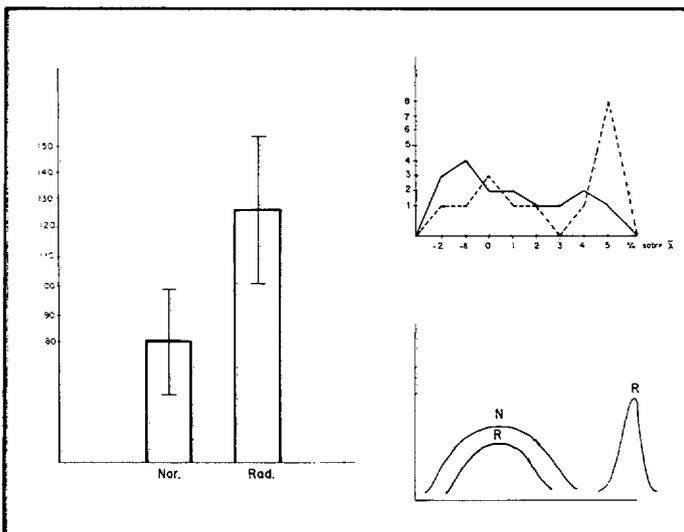


Fig. 5.: TIMO.

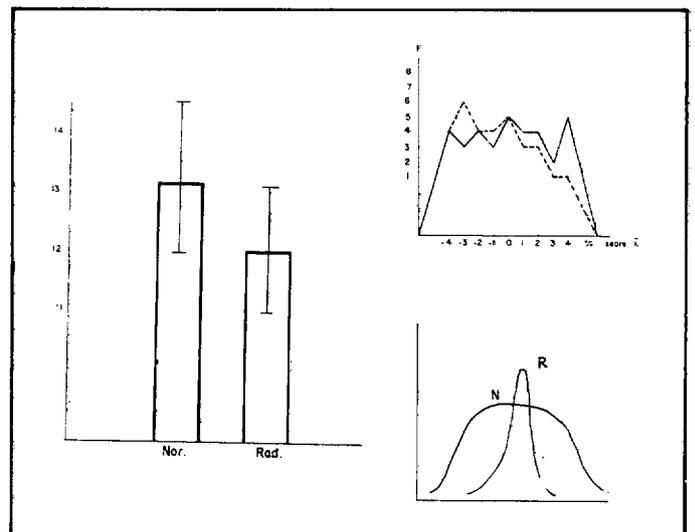


Fig. 6: SUPRARRENALES.

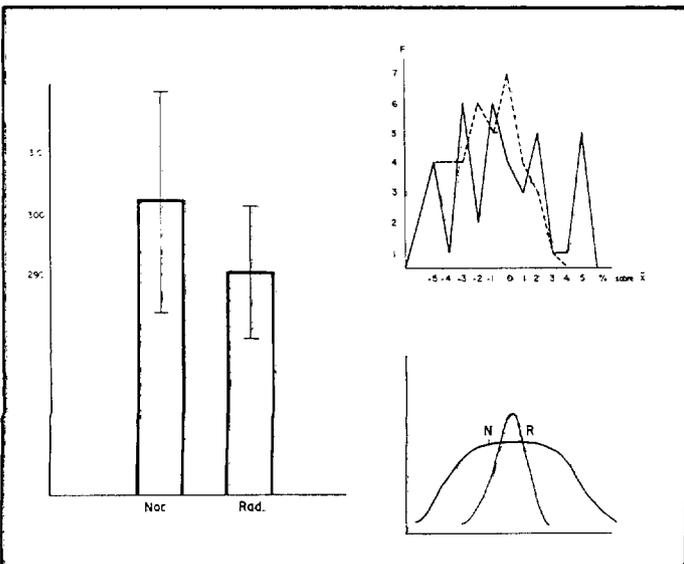


Fig. 7: RIÑON.

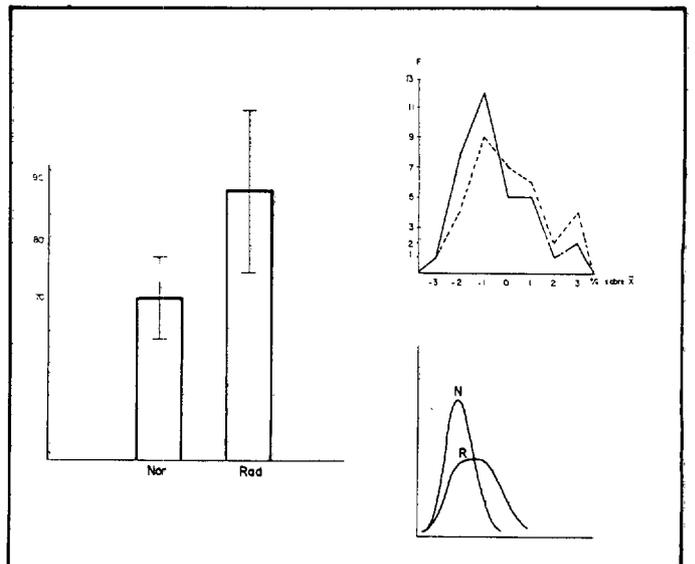


Fig. 8: GL. LACRIMALES.

de este agente físico, tratando de normalizar los parámetros corporales clínicos, analíticos, y de pesos corporales, con el propósito de encontrar índices útiles, entre estos datos, que puedan servir para determinar el nivel de afectación de un organismo irradiado y el pronóstico en cuanto a la futura recuperación parcial o total.

Los signos anatomopatológicos a estos niveles de dosis se reflejan fundamentalmente en los órganos denominados "órganos diana". Son todos aquellos cuyos tejidos se están multiplicando constantemente. Al estudiar los parámetros bioquímicos se refleja la existencia de indicadores de lesión por la afectación celular de cada uno de los órganos. Se intenta encontrar un parámetro bioquímico que

sea capaz de evaluar la afectación de un órgano.

Nuestro interés se centra en extraer conclusiones, sobre los efectos de la RCT a dosis medias, que puedan ser de utilidad en el ámbito militar y radioterápico.

## 2. MATERIAL Y METODOS

### 2.1. Animal de experimentación

Como animal de investigación se utilizó

ratas hembra de raza wistar, adultos jóvenes (entre tres y cuatro meses), peso entre 200 y 350 gramos.

Las condiciones ambientales a las que estuvieron sometidas las ratas fueron: temperatura constante (a 25° C), condiciones no traumáticas, alimentación estándar ("dieta Sanders-Mus"), bien hidratadas (bebida "ad libitum"), no sometidas a ejercicio físico, ni a ruidos, ni se favorecieron factores que potenciaran externamente la susceptibilidad a la infección, el estrés, etc.

Organo	Valor de t	Valor de F	Valor de P	Valor de P
Hipófisis .....	0,140	1,562	2,04	3,05
Tiroides .....	0,846	1,316	1,99	2,00
Corazón .....	0,861	1,581	2,02	2,56
Estómago .....	0,859	1,237	2,02	2,60
Bazo .....	0,162	1,091	2,02	2,61
Útero y vejiga .....	0,541	1,153	2,03	2,62
Fémur .....	1,167	1,124	2,03	2,67

Tabla 4. Organos con medias y varianzas de pesos no significativamente diferentes.

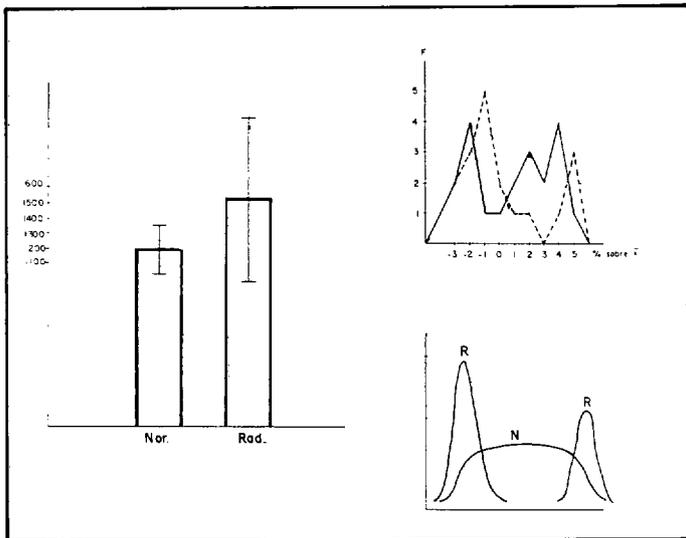


Fig. 9: TRAQUEA Y PULMONES.

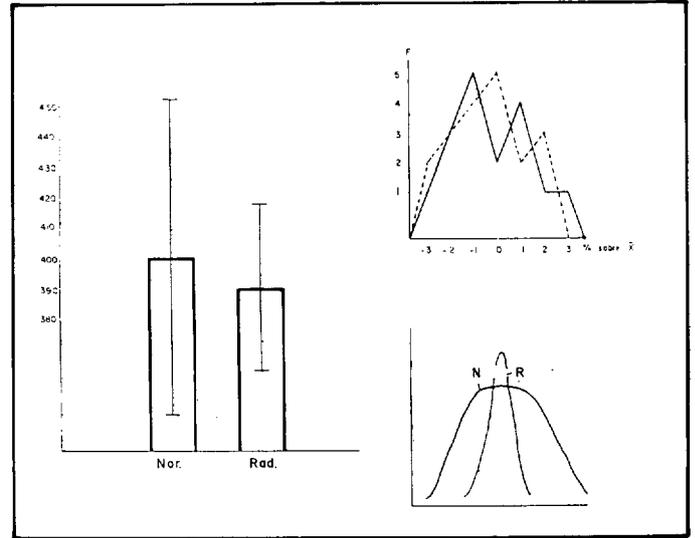


Fig. 10: GL. SALIVARES.

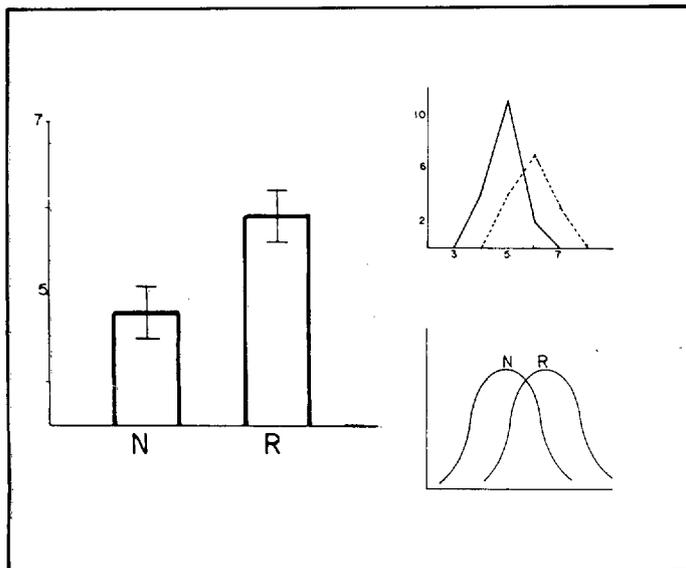


Fig. 11: CREATININA.

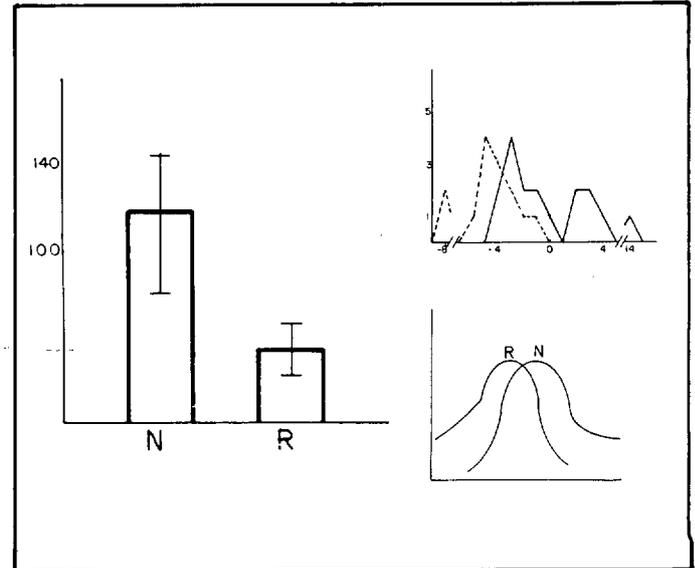


Fig. 12: SGOT.

**Respuesta orgánica  
a la radiación corporal total:  
Estudio experimental  
en ratas**

Los animales se identificaron convenientemente.

**2.2. Número de animales y series**

Consideramos, debido a criterios estadísticos y de validación del trabajo, que un número óptimo de individuos por serie es de 20. La randomización se efectúa con las siguientes series:

- 1) Serie de 22 animales, que forman el grupo control a los que se somete a observación durante treinta días.
- 2) Serie de 20 animales radiados con una dosis única de 900 cGy de forma aguda (dosis letal 50/30 para la rata), sacrificio a los treinta días, ya que este periodo es el que transcurre, según

Parámetros	Valor de t	Valor de P
CREA .....	4,219	2,04
SGOT .....	3,603	2,04
SGPT .....	2,332	2,04
PA .....	2,637	2,06
Na .....	3,472	2,04
BUM .....	2,740	2,04
RBC .....	6,023	2,05
HCT .....	2,652	2,05
Hb .....	3,960	2,05
MCV .....	6,579	2,05
MCH .....	5,009	2,05
MCHC .....	2,141	2,05
WBC .....	6,131	2,05
Seg .....	2,901	2,06
Lymph .....	2,415	2,06
A/G .....	2,131	2,04
B-G .....	3,133	2,04
TEST .....	6,091	2,02
TEST-L .....	5,974	2,02
CORT .....	2,970	2,02
INS .....	3,968	2,05

Tabla 5. Parámetros analíticos con medidas significativamente diferentes.

concepto de DL 50/30, antes de morir el 50 por 100 de los individuos.

**2.3. Metodología radioterápica**

Se construye una jaula de metacrilato con cinco láminas de 28,5 × 26 cm y 0,5 cm. de espesor; se practican perforaciones laterales para introducir por ellas varillas de metacrilato, para que sirvan de sujeción a una sexta lámina que servirá de tapadera. De esta forma se mantienen confinadas las ratas en un espacio pequeño en el que toda la masa corporal se encuentra ubicada entre las dos láminas, superior e inferior, sin existencia de interfase de aire, para evitar en lo posible la radiación dispersa generada, tras atravesar la primera lámina de metacrilato. En la superficie de las láminas laterales se practican orificios para permitir una respiración suficiente durante la experiencia. Asimismo se colocan nuevas varillas para sujetar la

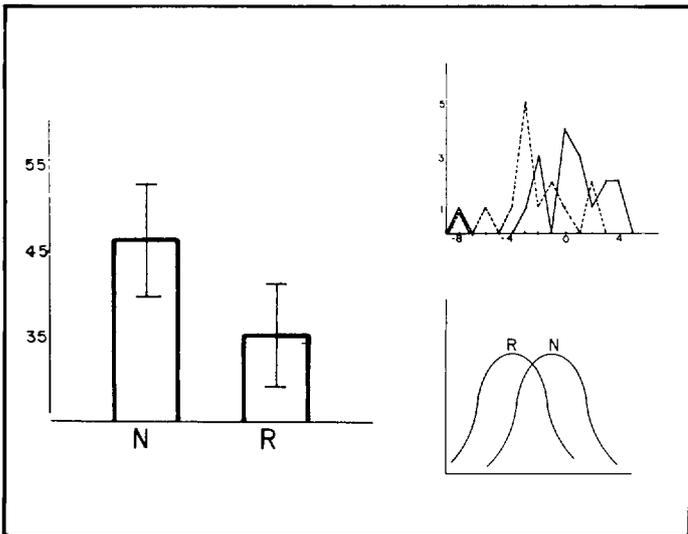


Fig. 13: SGPT

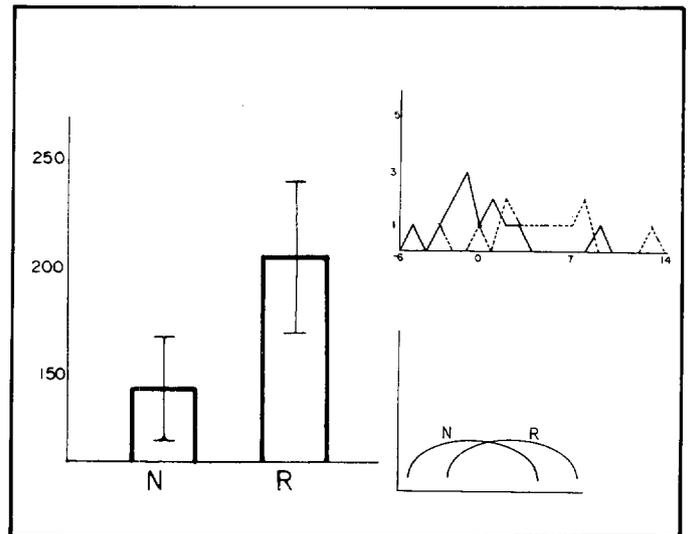


Fig. 14: AP.

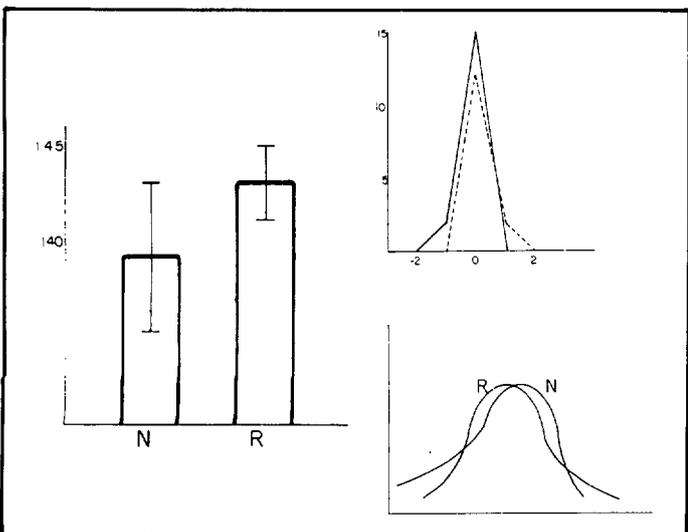


Fig. 15: NA.

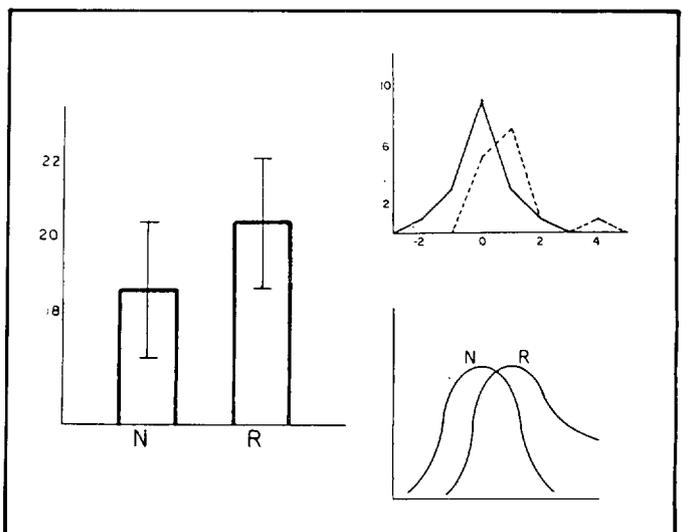


Fig. 16: BUN.

Se tiene en cuenta: el factor de campo, rendimiento a cada profundidad (2,3; 2,9; ...), factor de atenuación de la plancha de metacrilato.

tapadera para que los animales no puedan levantarla empujando.

Se somete a las ratas a RCT, con bomba de cobalto de la marca Theratron 80, de la casa NCR, previo planteamiento dosimétrico, en función del espesor medio de los ejemplares. Para ello se utilizaron los siguientes aparatos: compás de espesores para determinar el diámetro de los diferentes ejemplares que forman parte de la misma jaula, y ordenador para la planificación de tratamientos en radioterapia modelo RTPLAN, de la casa General Eléctrica.

La obtención del tiempo de exposición se realiza del modo siguiente:

Se aplica la misma metodología para cálculos de tasa de dosis que en pacientes de radioterapia.

La dosis de referencia actualizada de la pastilla de cobalto se obtiene calculándola en el Servicio en una fecha próxima, la actividad inicial y el rendimiento de la pastilla la suministra la casa fabricante en el momento de la adquisición.

Se tiene en cuenta el tiempo de entrada y salida de la pastilla.

El tamaño de campo se ajusta a una distancia de 80 cm., ya que a esta distancia están realizadas las curvas de rendimiento en profundidad, suministradas por el fabricante.

#### 2.4. Metodología clínica

Las ratas son sometidas a observación clínica diaria desde la administración de la radiación hasta pasados treinta días.

La observación de los animales durante todo el tiempo del estudio se realiza de conformidad con el siguiente protocolo: se verificaron los siguientes parámetros:

Parámetros	Valor de F	Valor de P
CPK .....	7,665	3,05
GGT .....	8,939	2,89
SGOT .....	4,914	2,89
Na .....	3,013	2,89
PRO .....	6,179	3,05
UA .....	3,256	3,05
RBC .....	6,300	3,18
HCT .....	6,366	3,18
Hb .....	4,103	3,18
MCV .....	14,062	3,18
MCHC .....	36,670	3,05
B-G .....	4,912	3,18
TEST .....	2,726	2,62
TEST-L .....	3,189	2,56
T4 .....	8,159	2,56
T4-L .....	3,293	2,62

Tabla 6. Parámetros analíticos con varianzas significativamente diferentes.

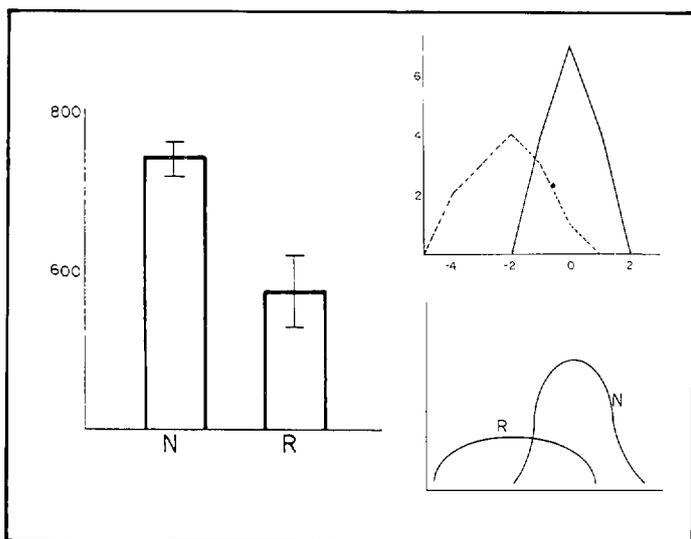


Fig. 17: RBC.

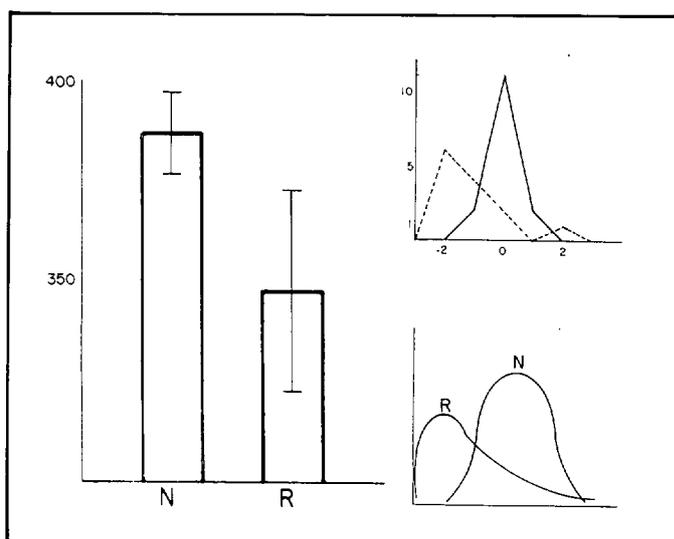


Fig. 18: HCT.

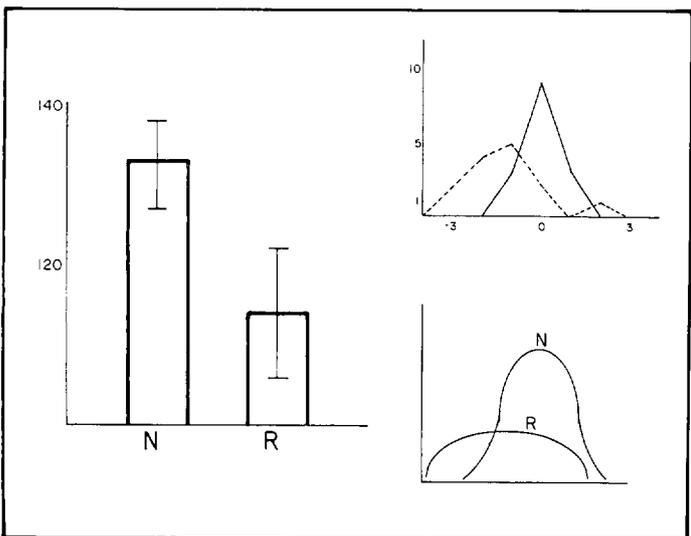


Fig. 19: HB.

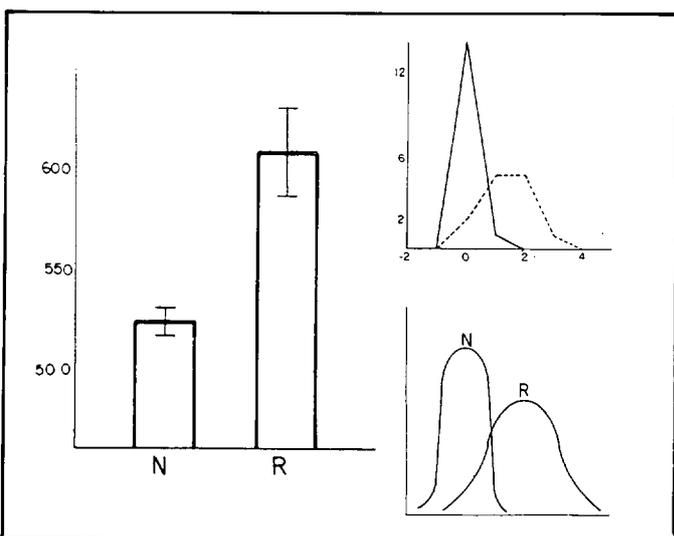


Fig. 20: MCV.

para la obtención de sangre pasado el número de días determinado.

Las ratas que murieron durante la experiencia fueron congeladas, para practicarlas en un segundo tiempo necropsia y tratar de encontrar la causa última de muerte.

**2.6. Metodología de la recogida de sangre**

Recogida de sangre para determinaciones analíticas, tomando como referencia a —Saiz Moreno, 1983— (26), teniendo en cuenta que la porción masa corporal/sangre es de 1/20.

peso, presencia de vómitos y diarrea, hemorragias detectables (nasofaríngeas, bucales, conjuntivales, rectales y en otras zonas), ingesta de líquido, ingesta de alimentos sólidos, catarata, focos sépticos, síntomas febriles, test del dolor en la rata, caída de pelo, fibrosis o pigmentación de la piel.

Se intenta evaluar en una escala cualitativa la ausencia de síntomas y la ligera, moderada o severa existencia de los síntomas citados anteriormente.

**2.5. Metodología del sacrificio**

Sacrificio mediante anestesia con mascarilla de éter y punción intracardiaca

Parámetro	Valor de t	Valor de F	Valor de P	Valor de P
SGOT .....	3,608	4,914	2,04	2,89
Na .....	3,472	3,013	2,04	2,89
RBC .....	6,023	6,390	2,05	3,18
HCT .....	2,652	6,566	2,05	3,18
Hb .....	3,960	4,103	2,05	3,18
MCV .....	6,579	14,062	2,05	3,18
MCHC .....	2,141	36,670	2,05	3,05
B-G .....	3,133	4,912	2,04	3,18
TEST .....	6,091	2,726	2,02	2,62
TEST-L .....	5,474	3,189	2,02	2,56

Tabla 7. Parámetros analíticos con medias y varianzas significativamente diferentes.

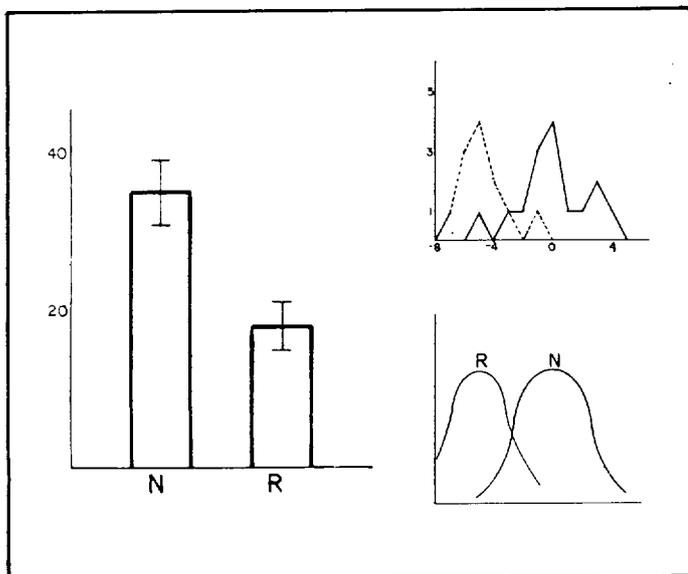


Fig. 21: WBC.

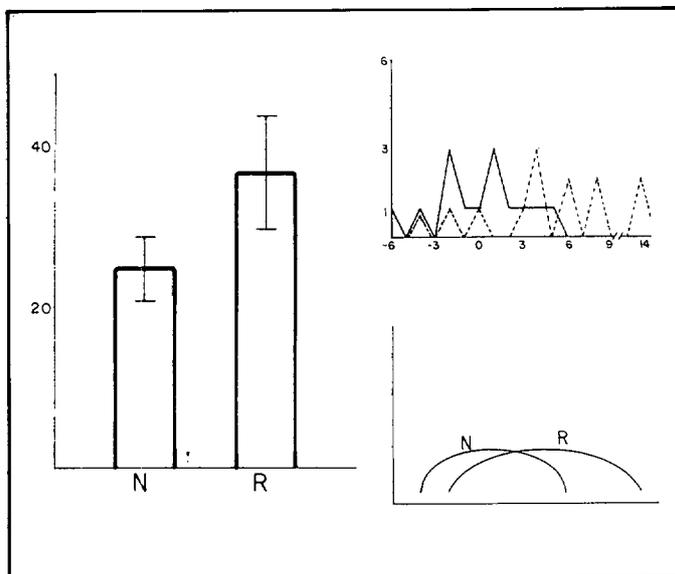


Fig. 22: SEG.

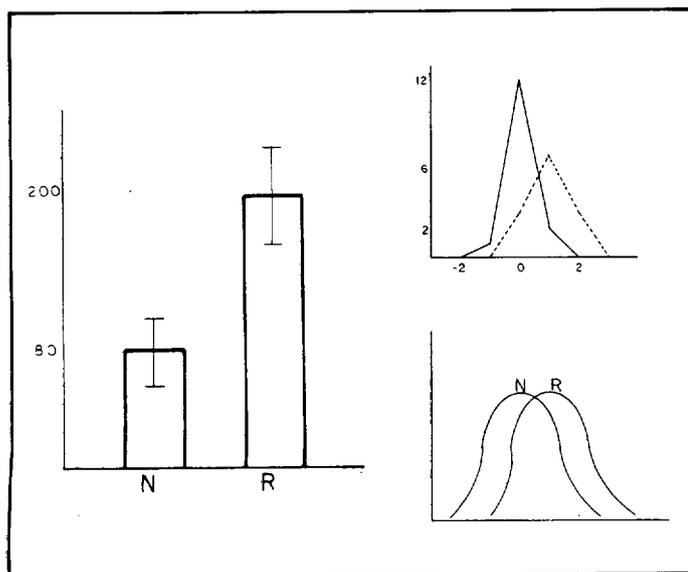


Fig. 23: MCH.

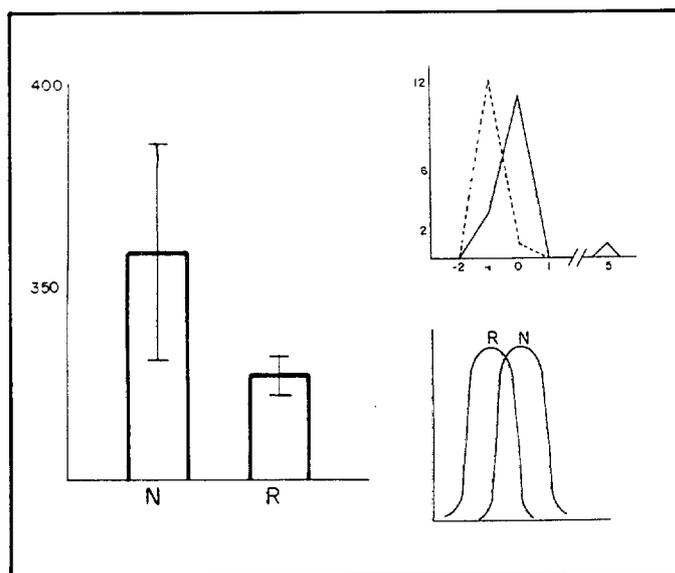


Fig. 24: MCHC.

Las determinaciones realizadas, incluyendo las abreviaturas y las unidades de medida utilizadas, son:

a) Fórmula y recuento:

— Fórmula leucocitaria:

- Segmentados (SEG), en porcentaje.
- Linfocitos (LYMPH), en porcentaje.
- Monocitos (MONO), en porcentaje.
- Eosinófilos (EOSIN), en porcentaje.
- Basófilos (BASO), en porcentaje.

— Recuento:

- Hematíes (RBC), en millones/mm<sup>3</sup> (por 100).
- Hematoblastos o reticulocitos (RTW), en porcentaje (por 10).

Parámetro	Valor de t	Valor de F	Valor de P	Valor de P
ALB .....	0,553	2,041	2,04	3,05
Ca .....	0,015	1,196	2,06	3,15
CHOL .....	1,714	1,458	2,04	2,89
GLU .....	1,203	1,477	2,04	3,05
Fe .....	1,265	1,774	2,06	3,15
LDH .....	0,470	1,420	2,04	3,05
K .....	0,188	1,273	2,06	3,15
P .....	1,258	1,631	2,04	2,89
TG .....	1,890	2,466	2,04	3,05
Band .....	0,988	—	2,06	3,15
Mono .....	1,112	1,261	2,06	3,25
Eosi .....	0,949	1,314	2,06	3,15
ALFA 1-G .....	0,675	2,240	2,04	3,18
ALFA 2-G .....	1,231	1,002	2,04	3,18
Otras-G .....	1,086	—	2,04	3,18
T3 .....	1,522	1,494	2,02	2,62
TSI .....	1,721	1,067	2,02	2,56
ALD .....	0,072	2,829	2,05	3,05

Tabla 8. Parámetros analíticos con medias y varianzas no significativamente diferentes.

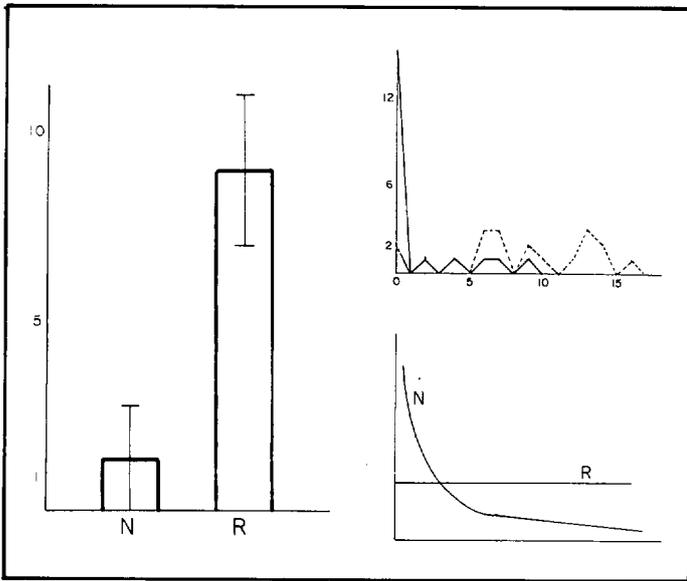


Fig. 25: TEST.

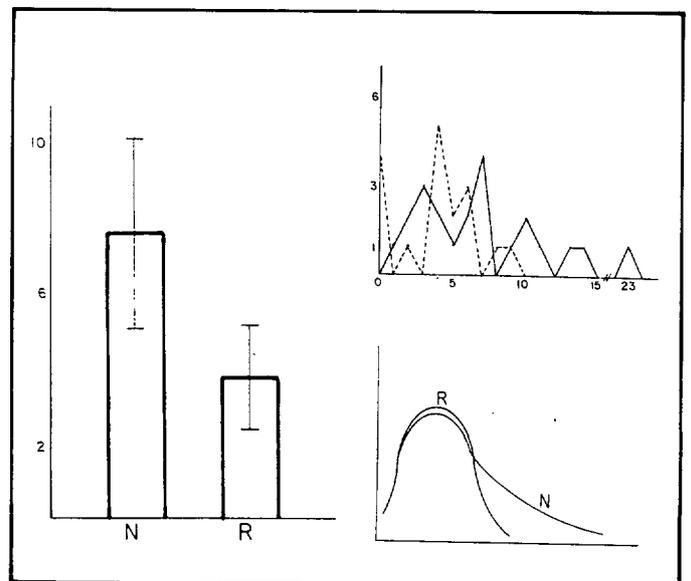


Fig. 26: TEST-L.

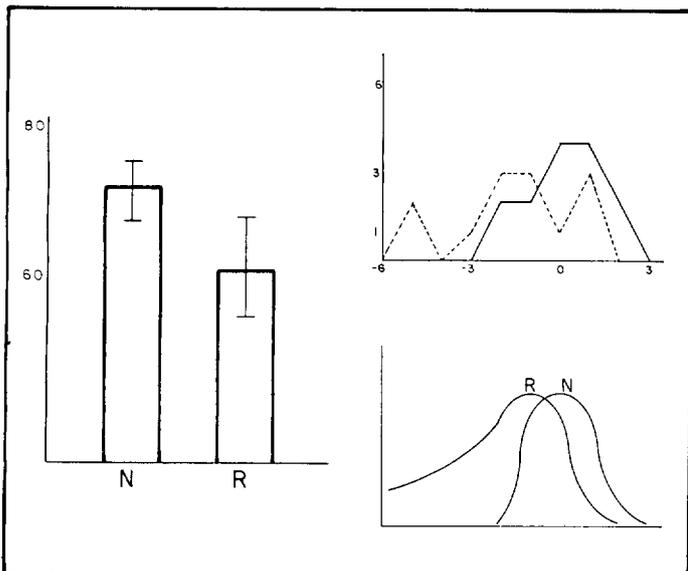


Fig. 27: LYMPH.

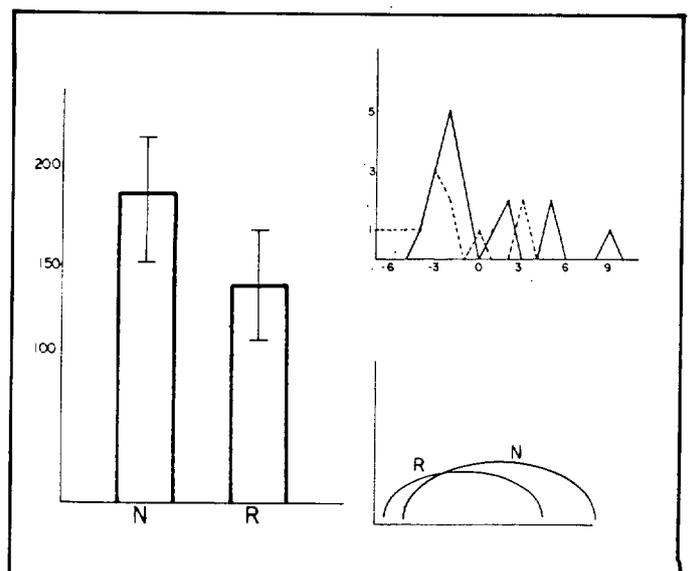


Fig. 28: A/G.

**Respuesta orgánica  
a la radiación corporal total:  
Estudio experimental  
en ratas**

Plaquetas (PLT), en miles/mm<sup>3</sup>.  
Leucocitos (WBC), en miles/mm<sup>3</sup> (por 10).

- Hemoglobina (HB), en gramos/100 cc (por 10).
- Hematocrito (HCT), en porcentaje (por 10).
- Volumen corpuscular medio (MCV), en micras<sup>3</sup> (por 10).
- Hemoglobina corpuscular media (MCH), en pg (por 10).
- Concentración de hemoglobina corpuscular media (MCHC), en porcentaje (por 10).

**b) SMAC:**

- Albúmina (ALB), en gr/dl (por 10).
- Bilirrubina total (TBIL), en mg/dl (por 10).

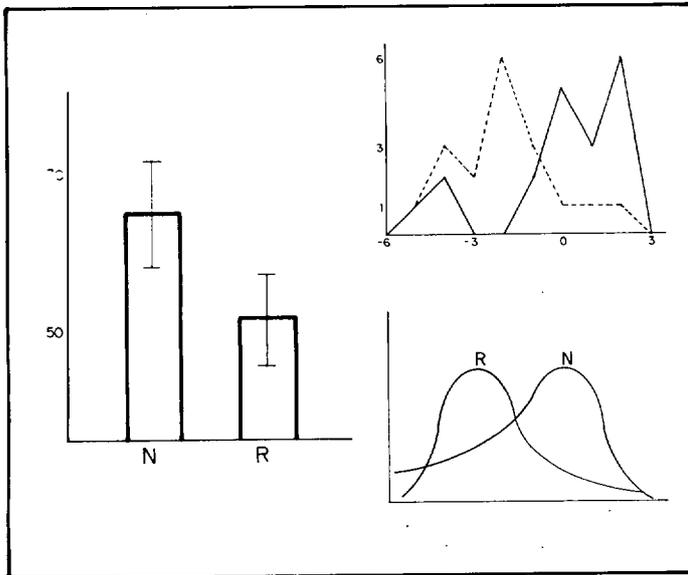
- Calcio (CA), en mg/dl (por 10).
- Colesterol (CHOL), en mg/dl.
- Creatin fosfo-kinasa (CPK), en U/l.
- Creatinina (CREA), en mg/dl (por 10).
- Glucosa (GLUH), en mg/dl.
- Gamma-glutamyl-transpeptidasa (GGT), en U/l.
- Glutámico-oxalacético transaminasa del suero (SGOT), en U/l.
- Glutámico pirúvico transaminasa del suero (SGPT), en U/l.
- Hierro (IRON), en mcg/dl.
- Lactato deshidrogenasa (LDH), en U/l.
- Fosfatasa alcalina (AP), en U/l.
- Fosfatos (PO<sub>4</sub>), en mg/dl (por 10).
- Potasio (K), en mEq/l (por 10).
- Sodio (NA), en mEq/l.
- Triglicéridos (TRIG), en mg/dl.
- Urea (BUN), en mg/dl.
- Ac. úrico (UA), en mg/dl (por 10).

**c) Proteínas totales (PRO), en g/dl (por**

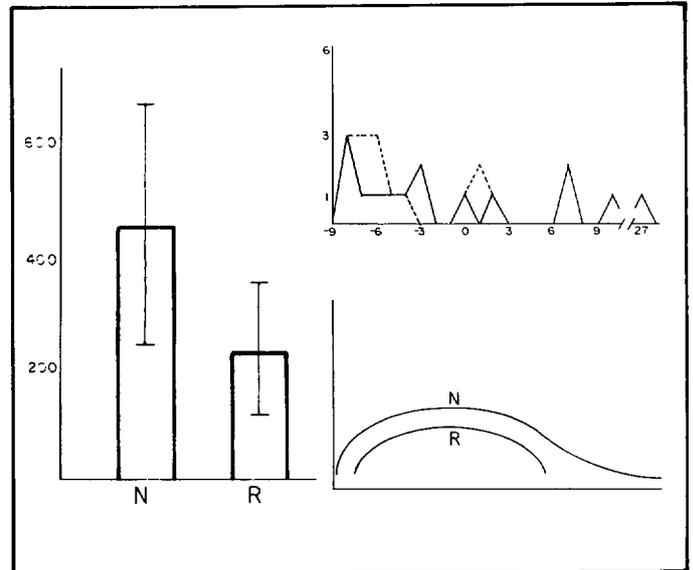
**10) y proteinograma (AL, A1G, A2G/B-G/GG, OF), con dos valores, el primero en porcentaje (por 10) y el segundo g/l (por 10), cociente albumina/globulina (A/G).**

**d) Determinaciones hormonales. Se realizaron por técnicas de radioinmunoanálisis:**

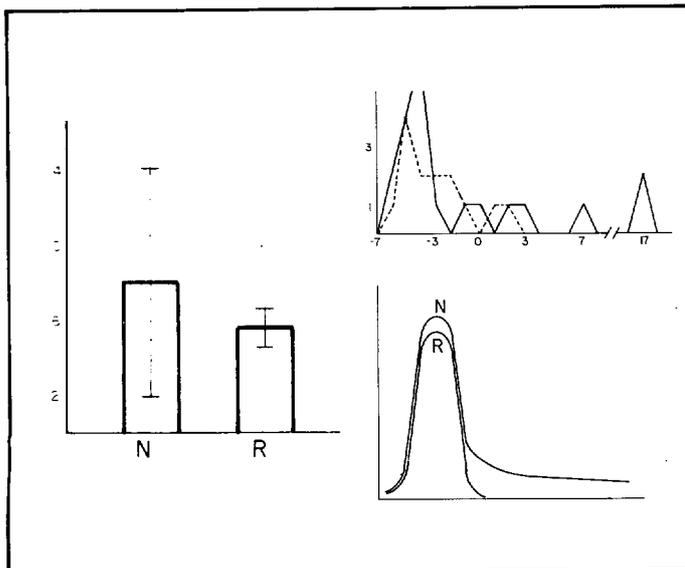
- Triiodotironina (T3), en ng/ml (por 100).
- Tetraiodotironina o tiroxina (T4), en ng/ml (por 100).
- T4 libre, en ng/dl (por 100).
- Inmunoglobulina estimuladora del tiroides (TSI), en U/ml.
- Testosterona total (TEST), en ng/dl.
- Testosterona libre (TEST-L), en pg/ml (por 10).
- Cortisona (CORT), en ng/ml.
- Aldosterona (ALD), en ng/ml.
- Insulina (INS), en mU/ml.



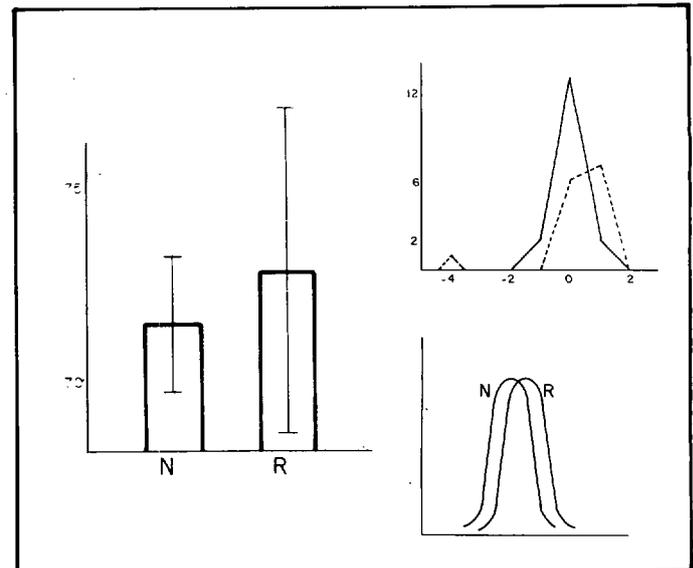
**Fig. 29: CORT.**



**Fig. 30: CPK.**



**Fig. 31: GGT.**



**Fig. 32: PRO.**

## 2.7. Metodología de la disección

Se abre la piel y musculatura de los rectos del abdomen, continuando con la incisión por el esternón en caja torácica. Introducción inmediata de las vísceras en aldehído fórmico al 10 por 100, para determinación posterior del estado macroscópico y peso de los órganos.

La metodología en Anatomía Patológica para la realización de la extracción de órganos se realiza abriendo las cavidades torácica; abdominal, y craneal.

Se practica corte a nivel de la laringe supraglótica y se realiza disección roma (digital) del paquete visceral toraco-abdominal desinsertando el diafragma.

A nivel caudal se corta recto, vagina, uretra y ligamentos viscerales para liberarlo.

Asimismo se liberan las vísceras retroperitoneales. se lava el paquete visceral con suero y se procede a la disección:

1) Glándulas suprarrenales: se buscan entre la grasa retroperitoneal en polos renales anteriores. Su consistencia es dura al tacto, color pardo-rojizo, son fácilmente extraíbles, y de forma nodular. Se limpian de grasa con pinzas de microcirugía.

2) Glándulas tiroideas: se liberan cortando los ligamentos, separando lentamente con el lado romo del bisturí la glándula, que tiene forma de pirámide triangular, color rojo-sonrosado. Mediante tracción se termina de liberar.

3) Se separan tráquea y pulmones de esófago, timo y corazón. Para separar el esófago se corta la unión entre ambos y se tracciona progresivamente. Con bisturí se separa timo y corazón, eliminando los coágulos que existían en ocasiones.

4) Liberación del lóbulo hepático caudal adyacente a estómago. Se practica corte del hilio hepático.

5) Se corta el esófago a nivel del cardíaco, para aislarlo del estómago. Se corta por detrás del píloro. Se abre el estómago siguiendo la curvatura mayor para extraer el contenido digestivo y proceder al lavado.

6) Se aísla un trozo de intestino delgado de aproximadamente 3 cm., procurando incluir placas de Peyer.

7) Se coge apéndice cecal, abriéndolo longitudinalmente.

8) Riñones: se liberan cortando vasos y pelvis renal, eliminando la grasa perirrenal y dejando la cápsula propia.

9) Páncreas: disección de las uniones a duodeno. Aspecto difuso, lobular, y de color blanco-rosáceo.

10) Bazo: se cortan los vasos, quedando perfectamente liberado. Color rojo oscuro y forma alargada.

11) Liberación de cuernos uterinos de la inserción ligamentaria y peritoneal

NUM	ENCT	ENCC	HIPT	HIPC	GLLIT	GLLIC	GLLZT	GLLZC	GLST	GLSC	TIRIT	TIRIC	TIR2C	TINT	TIRPT	TRPC	CORF	CORC	ESTT	ESTC	BAZT	BAZC		
1	1955	752	13	5	153	59	239	92	919	353	20	8	23	9	111	43	3174	1223	1044	402	1530	588	378	145
2	2038	763	14	5	212	77	173	63	1243	451	13	5	12	4	221	84	2712	986	1271	462	1637	595	452	164
3	1952	673	19	7	171	59	169	58	976	337	14	5	10	3	3893	3893	1342	1274	439	462	1637	408	408	141
4	1886	662	15	5	191	67	187	66	999	351	18	6	12	4	46	46	3126	1097	1088	382	1663	584	361	127
5	1836	510	17	5	197	55	206	57	765	289	15	4	22	6	333	65	4812	1337	1279	355	1659	374	374	104
6	2226	840	17	6	213	118	203	73	953	353	17	6	16	6	177	67	4456	1682	1099	415	1659	626	363	137
7	2349	870	20	7	2349	870	20	7	953	353	17	6	16	6	440	163	3155	1169	1177	436	2062	763	396	147
8	2302	869	27	9	183	64	188	66	1335	468	24	9	17	6	297	112	3299	1245	1051	397	1652	623	464	175
9	1919	673	27	9	167	64	212	81	1094	421	11	4	11	4	388	136	4416	1549	1459	512	1992	699	456	160
10	1871	720	11	4	167	64	212	81	1094	421	11	4	11	4	216	83	3463	1332	891	343	1656	637	317	132
11	2099	750	11	4	167	64	212	81	1094	421	11	4	11	4	216	83	3463	1332	891	343	1656	637	317	132
12	2143	714	28	9	185	61	196	65	1352	451	12	4	16	5	279	91	4290	1430	986	329	1435	478	425	192
13	1720	583	13	4	206	81	178	70	959	376	14	5	13	4	273	92	2428	923	958	325	1571	532	326	128
14	1737	827	13	4	250	85	207	70	940	319	14	5	13	4	273	92	2428	923	958	325	1571	532	326	128
15	1327	786	23	9	142	68	138	66	929	442	9	4	11	5	155	74	2027	965	790	376	1329	633	270	129
16	1795	579	20	7	136	55	157	64	759	310	9	4	7	3	269	110	2093	854	769	314	1310	535	277	113
17	1778	719	20	7	218	70	165	53	2444	788	10	3	13	4	300	97	4838	1561	1625	524	2232	720	373	120
18	1906	706	22	8	178	67	153	58	1080	407	10	4	8	3	154	58	3772	1423	1197	452	2028	765	369	139
19	1984	723	22	8	218	81	181	88	945	350	12	4	21	8	167	62	4268	1581	1371	508	1719	637	479	177
20	2184	693	22	8	218	81	181	88	945	350	12	4	21	8	167	62	4268	1581	1371	508	1719	637	479	177
21	2184	693	22	8	218	81	181	88	945	350	12	4	21	8	167	62	4268	1581	1371	508	1719	637	479	177
22	2184	693	22	8	218	81	181	88	945	350	12	4	21	8	167	62	4268	1581	1371	508	1719	637	479	177
N:	20,00	20,00	14,00	14,00	18,00	18,00	16,00	16,00	18,00	18,00	19,00	19,00	18,00	17,00	17,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	19,00	21,00	21,00	21,00
RED:	1.983,35	720,60	18,50	6,43	193,78	71,83	188,63	68,50	1.107,06	401,44	13,95	5,00	14,94	5,22	241,18	87,29	3.586,95	1.280,00	1.119,76	402,29	1.770,11	640,58	373,29	137,71
VAR:	32.648	8.509	25	3	1.313	279	817	117	130.799	11.384	16	2	23	3	7.462	931	957.803	78.164	48.910	4.388	118.428	8.530	3.797	584
STD:	180,69	92,24	5,02	1,76	36,23	16,70	28,58	10,83	361,66	106,70	3,95	1,52	4,75	1,72	86,38	30,51	978,67	279,58	221,16	66,24	344,13	92,36	61,62	24,18
MAX:	2.349,00	870,00	28,00	9,00	288,00	118,00	241,00	92,00	2.444,00	788,00	24,00	9,00	23,00	9,00	440,00	163,00	5.708,00	1.812,00	1.625,00	594,00	2.606,00	827,00	479,00	192,00
MIN:	1.720,00	510,00	11,00	4,00	136,00	55,00	138,00	53,00	759,00	289,00	9,00	3,00	7,00	3,00	111,00	43,00	2.027,00	823,00	712,00	274,00	1.310,00	478,00	283,00	96,00
RANG:	629,00	360,00	17,00	5,00	152,00	63,00	103,00	39,00	1.665,00	499,00	15,00	6,00	16,00	6,00	323,00	120,00	3.681,00	989,00	913,00	250,00	1.296,00	349,00	216,00	96,00
CUASTD:	185,38	94,64	5,21	1,83	37,28	17,18	29,32	11,19	372,15	109,79	4,06	1,56	4,89	1,77	89,04	31,45	1.002,84	286,48	226,62	67,88	353,56	94,89	63,14	24,77

Tabla 9. Serie de ratas control. Datos sobre pesos.

**Respuesta orgánica  
a la radiación corporal total:  
Estudio experimental  
en ratas**

y corte a nivel de la vagina. Limpieza de los cuernos uterinos eliminando la grasa.

12) Depilación de piel de la zona lumbar para extracción de un trozo de 1 cm<sup>2</sup> con túnica muscular subyacente.

13) Extracción de músculo estriado de la zona del muslo.

14) Desarticulación del fémur de los huesos pelvianos y separación de la articulación fémoro-tibial, eliminando las inserciones de los músculos, para dejar completamente libre el hueso y poder descalcificarlo mejor con posterioridad.

15) Glándulas lacrimales: introducción de pinza fina por bóveda ósea hasta polo posterior. Extracción conjunta de

la glándula lacrimal intraorbital, globo ocular y músculos accesorios extrínsecos y liberación de la glándula mediante bisturí. Color de la glándula sonrosado. Globo ocular blanco por opacificación de cristalino por fijación en formol.

16) Glándula lacrimal extraorbital ubicada debajo del pabellón auricular, por separación de piel y liberación de ligamentos y músculo. Color beige, forma elipsoide y plana.

17) Glándulas salivares submaxilar y sublingual mayor. Disección de ganglios, aponeurosis musculares y ligamentos de unión. Presentan coloración beige, y forma globulosa.

18) Encéfalo: se procede a serrar los huesos frontal y nasal. Se levanta encéfalo por delante, cortando las innervaciones de su base, hasta llegar a la tienda del cerebelo que, al ser ósea, se separa de la caja craneana. Se corta médula por detrás de bulbo.

19) Hipófisis: al separar encéfalo que-

da adherida a la silla turca. Se cortan las meninges que la cubren y se extrae. Es de forma poligonal. Color rosa oscuro.

20) Médula espinal: separación de piel y músculos de zona cervical alta. Desinserción de las costillas de los cuerpos vertebrales. Se disecciona con tijera y se procede a la apertura del canal vertebral aislando la médula.

De esta forma los órganos se pesan, atendiendo a la cavidad a partir de la cual se obtienen. La denominación "T" y "C" al final de la abreviatura del órgano significa peso real en miligramos y el tanto por 100.000 respecto al peso total del animal (PS). Las abreviaturas utilizadas son las siguientes:

- Cabeza:  
Encéfalo (ENC).  
Glándulas lacrimales (GLL1 y GLL2).  
Hipofisis (HIP).
- Tórax y cuello:

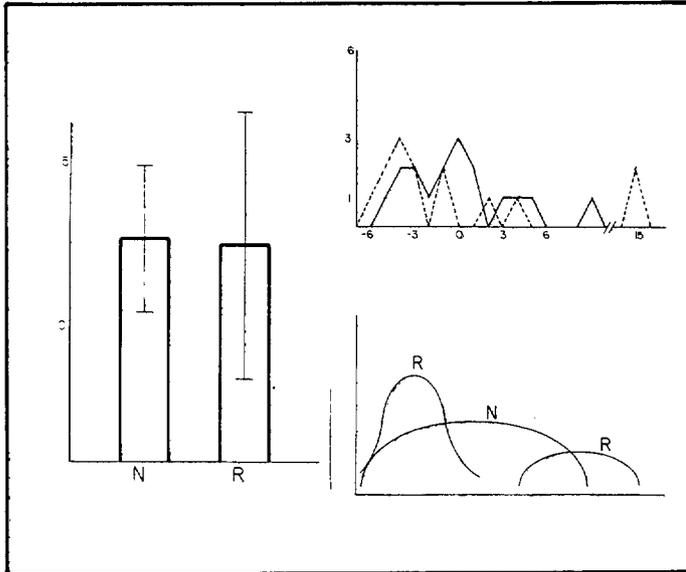


Fig. 33: UA.

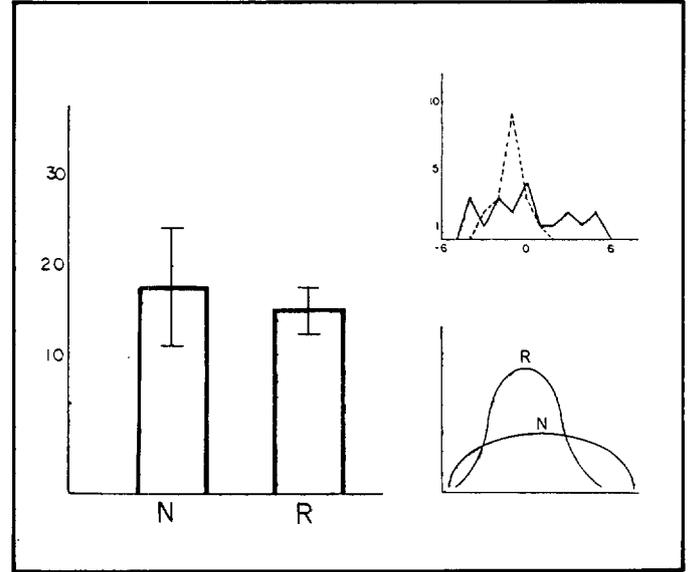


Fig. 34: T4.

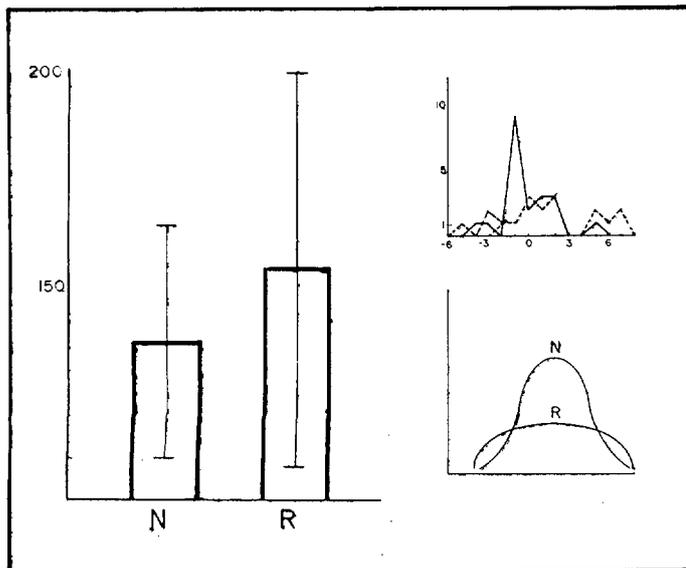


Fig. 35: T4-L.

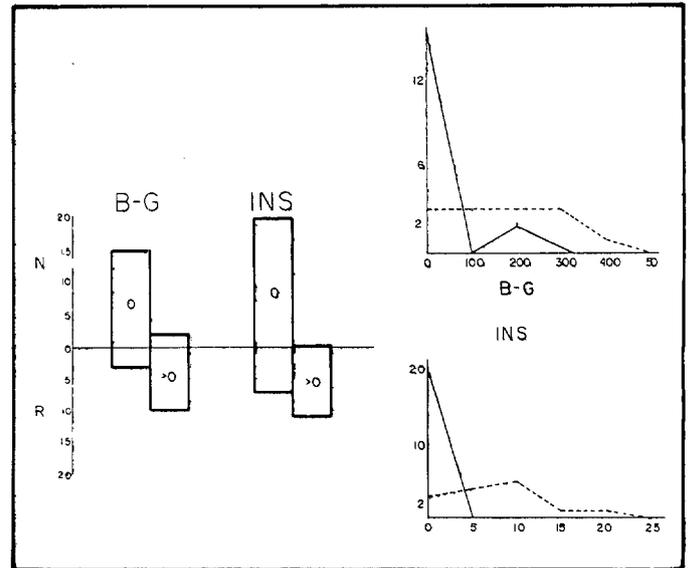


Fig. 36: B-G. INS.

Glándulas salivares (GLS).  
 Tiroides (TIR1 y TIR2).  
 Tráquea y pulmones (TRP).  
 Corazón (COR).  
 Timo (TIM).

No se pesa el esófago ni la médula espinal.

— Abdomen:

Estómago (EST).  
 Páncreas (PAN).  
 Bazo (BAZ).  
 Hígado (HIG).  
 Riñones (RIN1 y RIN2).  
 Glándulas suprarrenales (CAS1 y CAS2).  
 Utero y vejiga conjuntamente (UTV).  
 No se pesan: intestino delgado, intestino grueso.

— Otros:

Hueso fémur (FEM).  
 No se pesan piel y músculo.

No se pesan algunos órganos por ser trozos aleatorios que no son comparables estadísticamente.

## 2.8. Metodología estadística

### A) ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Se obtienen los siguientes valores:

Máximo (MAX): es el valor más alto de un parámetro dado, en todas las ratas de una serie.

Mínimo (MIN): es el valor más bajo.

Rango (RANG): es la diferencia entre el máximo y el mínimo.

N (N): es el número de elementos de la muestra.

Media muestral (MED): es el estimador puntual de la media poblacional, consistente, centrado e insesgado. Se define como:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{N}$$

Desviación típica muestral (STD): es la raíz cuadrada del cuadrado medio de las desviaciones a la media.

Varianza muestral (VAR): es el cuadrado de la desviación típica.

Varianza poblacional: es la varianza de una población infinita, de la cual hemos extraído esta muestra. Se estima como el cuadrado de la cuasidesviación típica.

Cuasidesviación típica (CUASTD): es el estimador puntual, insesgado, consistente y centrado de la desviación típica poblacional. Se define como:

$$\hat{S} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N-1}}$$

NUM	HIG1	HIGC	PANT	PANC	CASIT	CASIC	CASZT	CASZC	RINIT	RINIC	RINZT	RINZC	UTVT	UTVC	UTST	UTSC	OVAIT	OVATC	OVAZT	OVAZC	FENT	FEMC	PS
1	9053	3482	336	129	32	12	49	19	936	361	738	307	696	266	266	15	40	15	56	32	764	294	260
2	5293	3379	362	132	37	13	39	14	1000	364	920	335	700	255	255	15	42	15	63	23	784	285	275
3	10294	3550	464	160	49	17	43	15	926	319	935	322	1373	473	473	18	53	18	65	22	861	302	290
4	8001	2807	434	152	30	11	30	11	940	330	836	292	477	167	167	29	83	29	89	31	861	302	285
5	10807	3002	487	135	34	9	38	11	902	251	985	274	896	249	249	15	54	15	51	14	1039	385	360
6	8026	3029	368	139	26	10	32	12	848	320	864	326	1056	398	398	22	57	22	59	22	818	309	265
7	9375	3472	373	141	34	13	32	12	797	295	787	291	909	337	337	19	52	19	46	17	1039	385	270
8	9032	3408	373	141	39	15	32	12	977	369	927	350	965	364	364	20	52	20	52	20	843	296	265
9	10417	3655	347	122	47	16	44	15	1114	391	1079	379	765	268	268	20	57	20	63	22	843	296	285
10	7645	2940	389	150	39	15	35	13	723	278	724	278	790	304	304	23	53	23	35	13	781	300	260
11	8819	3150	353	126	54	19	35	13	764	273	858	306	857	306	306	28	79	28	72	26	1027	367	280
12	8403	2801	318	125	29	10	23	8	891	297	777	259	719	240	240	22	67	22	68	23	791	264	300
13	7710	3023	318	125	43	17	23	8	779	305	777	259	719	240	240	22	67	22	68	23	791	264	300
14	8946	3032	345	117	26	9	23	8	812	275	736	249	628	213	213	22	66	22	65	22	721	283	255
15	5872	3000	345	117	30	14	28	13	498	237	492	234	698	332	332	13	27	13	40	19	605	273	295
16	6470	2641	542	175	19	8	24	10	676	276	665	271	668	273	273	22	53	22	50	20	680	278	245
17	10003	3227	542	175	50	16	45	19	913	294	1012	326	1039	335	335	18	56	18	51	16	1040	335	310
18	9871	3725	370	140	37	14	33	12	851	321	804	303	1039	335	335	18	56	18	51	16	1040	335	310
19	8653	3204	370	140	30	11	33	12	995	291	738	273	1060	393	393	47	61	47	18	53	984	371	265
20	9870	3589	520	189	40	14	35	13	878	319	861	313	610	222	222	24	60	24	24	9	923	342	270
21	11703	3715	456	145	34	11	35	13	763	242	832	317	913	241	241	22	60	22	50	18	833	303	275
22	9610	3151	456	145	34	11	35	13	883	289	884	290	913	241	241	22	63	22	89	28	989	314	315

N:	22,00	22,00	16,00	16,00	21,00	21,00	14,00	14,00	22,00	22,00	21,00	21,00	20,00	20,00	0,00	0,00	20,00	20,00	20,00	20,00	18,00	18,00	22,00
MED:	8.994,23	9.226,45	404,00	142,31	36,14	13,05	35,57	13,21	848,09	304,41	834,00	299,81	840,80	300,65	300,65	57,05	56,45	57,05	57,05	57,05	849,33	849,33	279,09
VAR:	1.796.436	95.568	4.584	356	75	9	58	9	15.404	1.606	15.694	1.141	40.689	5.370	5.370	15,48	15,48	15,48	15,48	15,48	15,268	15,268	836
STD:	1.340,31	309,14	67,71	18,87	8,64	2,97	7,62	2,98	124,11	40,08	125,27	33,77	201,72	73,28	73,28	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	123,56	123,56	28,91
MAX:	11.703,00	3.725,00	542,00	189,00	54,00	19,00	49,00	19,00	1.114,00	391,00	1.079,00	379,00	1.373,00	473,00	473,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	31,00	31,00	360,00
MIN:	5.872,00	2.641,00	318,00	117,00	19,00	8,00	29,00	8,00	498,00	237,00	492,00	234,00	477,00	167,00	167,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	605,00	605,00	210,00
RANG:	5.831,00	1.084,00	224,00	72,00	35,00	11,00	26,00	11,00	616,00	154,00	587,00	145,00	896,00	306,00	306,00	11,00	16,00	16,00	16,00	16,00	435,00	435,00	150,00
CUASTD:	1.371,85	316,41	69,93	19,49	8,86	3,04	7,91	3,09	121,02	41,02	128,37	34,61	206,96	75,18	75,18	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	127,14	127,14	29,59

Tabla 10. Serie de ratas control. Datos sobre pesos (continuación).



presentan el valor 0 en la serie control. Se representa un diagrama de barras que nos da el número de ceros y los números de otro valor para la serie control y radiadas; y un polígono de frecuencias análogo al de las gráficas, 11, 25 y 26.

Para eliminar errores residuales debidos a las diferencias en peso corporal total en los animales, se ha establecido un factor de corrección consistente en el tanto por mil del peso del órgano en cuestión, con respecto al peso corporal total.

### 2.9. Metodología informática

Se ha utilizado la hoja electrónica de un paquete integrado, denominado Symphony—Lotus, 1985— (17), para el tratamiento de los datos.

Se han introducido los valores de las variables cuantitativas, pertenecientes a los valores de analíticas y pesos de vísceras, manejando un eje de abscisas con todos los títulos de cada uno de los parámetros, y un eje de ordenadas conteniendo la numeración correlativa de las ratas de cada una de las dos series. En el eje de abscisas se han incorporado las funciones predefinidas en el paquete integrado, para tratamientos estadísticos y con los resultados obtenidos aquí se han contrastado con las significancias obtenidas para cada uno de los parámetros.

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Resultados clínicos

Todas las ratas presentaron dos picos de estupor y letargo. El primero tenía lugar de los días tercero al quinto postirradiación, y el segundo del decimoquinto día en adelante.

Todas presentaban diarreas discretas del cuarto al décimo día, que remitieron progresivamente.

Asimismo observamos aumento de ingesta de agua discreto, en tres fases:

Del séptimo al undécimo día.

Del decimotercero al vigésimo.

Del veinticuatro al veintiséis.

Se ha estimado que la cantidad de agua que bebe una rata, de 300 gr. de peso en veinticuatro horas a 25° de temperatura, es de 114 ml/kg de peso, Saiz Moreno, 1983.

Murieron dos animales: uno al decimotercero y otro al decimocuarto día.

NUM	HIGT	HIBC	PANT	PANC	CASIT	CASIC	CASZT	CASZC	RIMIT	RIMIC	RINZT	RINZC	UTVI	UTVC	UTST	UTSC	OVAIT	OVAIC	OVAZT	OVAZC	FENT	FENC	PS		
1	7664	3128			185	33	13	27	10	763	311	700	286			592	232	44	17	39	39	837	328	245	
2	9332	3895			285	24	10	21	9	680	283	628	273	463	193		31	13	13	27	11	751	313	255	
3	7106	2951			201	24	10	37	15	752	301	732	293	1102	441		44	18	18	54	22	770	308	250	
4	8845	3538			430	32	15	27	13	575	267	588	273			434	292	34	16			707	329	215	
5	7198	3398			318	32	11	31	11	810	279	861	297	883	310		51	18	18	50	17	905	312	230	
6	10516	3626			271	28	10	32	11	801	286	666	238	838	299		48	17				994	355	280	
7	8657	3092			271	28	10	32	11	801	286	666	238	838	299		48	17				994	355	280	
8	9008	3217			160	24	9	35	12	747	269	713	255	1127	402		37	11	21	7	7	912	326	280	
9	10031	4012			605	242				791	316	708	283	1068	368		42	17	38	15	15	842	337	250	
10	10388	3582			787	271				850	293	830	286	1068	368		56	19	57	20	20	992	342	290	
11	5780	3211			546	303	21	12	13	590	328	589	327	522	290		18	10	18	10	10	779	433	180	
12	9949	3491			884	316				844	296	870	305	1102	387		60	21	47	16	16	876	307	285	
13	11065	3458			607					842	263	945	295	801	250		32	10	60	19	19	970	303	320	
14	9352	3464			225	27	10	29	9	775	287	810	304	615	228		49	18	53	20	20	846	313	270	
15	10428	3596			795	274	40	14	16	975	336	878	303	869	298		37	13	66	23	23	898	310	290	
16	8841	3536			709	284	38	15	29	12	754	302	783	919	368		33	13	37	15	15	796	318	250	
17	8919	3075			747	258	41	14	11	780	269	806	278	834	288		52	18	48	17	17	956	328	290	
18	14160	4046			1073	307	33	9		1051	300	857	295			689	197	38	11			952	272	350	
19																									
20	12213	3592			48	14	48	14	14	1031	303	1090	321	860	253		55	16	63	18	18	982	289	340	
NE:	19,00	19,00			16,00	16,00	16,00	15,00	15,00	19,00	19,00	19,00	19,00	15,00	15,00	3,00	18,00	18,00	15,00	15,00	15,00	18,00	18,00	19,00	
ME:	9,476,42	3,469,37			32,19	11,94	32,53	12,00	800,21	294,74	776,32	288,79	852,40	312,40	571,67	210,33	42,28	15,33	49,20	17,93	875,83	323,50	272,11		
VAR:	3,435,896	89,191			2,264	51	4	4	14,324	400	15,380	476	38,575	4,441	11,044	239	109	11	381	50	7,614	1,051	1,569		
STD:	1,853,62	298,65			47,59	7,15	2,05	1,97	119,68	20,01	124,02	21,82	196,41	66,64	105,09	15,46	10,46	3,28	19,51	7,07	87,26	32,42	39,61		
MAI:	14,160,00	4,046,00			318,00	48,00	15,00	16,00	1,051,00	336,00	1,090,00	327,00	1,127,00	441,00	689,00	232,00	60,00	21,00	99,00	39,00	994,00	433,00	350,00		
MIN:	5,780,00	2,961,00			160,00	21,00	9,00	7,00	575,00	263,00	588,00	238,00	463,00	193,00	434,00	197,00	18,00	10,00	18,00	7,00	707,00	272,00	180,00		
RANG:	8,380,00	1,085,00			158,00	27,00	6,00	27,00	7,00	476,00	73,00	502,00	89,00	664,00	248,00	35,00	42,00	11,00	81,00	32,00	287,00	161,00	170,00		
CUASTD:	1,904,41	306,83			49,15	7,39	2,11	2,04	122,96	20,56	127,42	22,42	203,30	68,98	128,71	18,33	10,76	3,38	20,20	7,31	89,79	33,36	40,70		

Tabla 12. Serie de ratas radiadas. Datos sobre pesos (continuación).

**3.2. Resultados de pesos**

Los resultados de pesos tras la disección se muestran en las tablas 9 a la 12, junto con los resultados de la estadística descriptiva. De la figura 1 a la 10 se representan medias, varianzas, polígono de frecuencias e idealización de la distribución.

Diversos órganos ven afectado su peso en el sentido de que su media aumenta significativamente (tabla 1). Estos son:

- Hígado.
- Páncreas.
- Encéfalo.
- Timo.

Disminuye significativamente la media (tabla 1) para el peso de los ovarios.

Se produce una dispersión de los datos (varianza significativa) para páncreas y glándulas lacrimales (tabla 2). Hay un apuntamiento (con varianza significativamente diferente) para glándulas suprarrenales, riñón y glándulas salivares (tabla 2).

El páncreas tiene media y varianza significativa (tabla 3).

Para tráquea y pulmones (tabla 2), existe un grupo con afectación por aumento de peso, mientras que otra mitad permanece inalterada.

No hay significación para el resto de las vísceras analizadas (tabla 4).

**3.3. Resultados analíticos**

Los resultados analíticos se estructuran en las tablas de la 13 a la 16, junto con los resultados de la estadística descriptiva. De la figura 11 a la 36 se representan medias, varianza, polígono de frecuencias e idealización de la distribución.

Son significativamente más altas las medias (tabla 5) para: CREA, PA, Na, Urea, MCV, MCH, Segm, beta-glob., TEST e Insulina.

Son significativamente más bajas las medias (tabla 5) para: SGOT, SGPT, RBC, HCT, Hb, MCHC, WBC, linfos, A/G, TEST-L y Cortisona.

La varianza es significativamente más alta (tabla 6) para: Prot. totales, Ac. úrico, RBC, HCT, Hb, MCV, beta-glob., TEST y T4L.

La varianza es significativamente más baja (tabla 6) para: CPK, GGT, SGOT, Na, MCHC, TEST-L y T4.

Los valores significativamente diferentes para medias y para varianzas (tabla 7) son: SGOT, Na, RBC, HCT, Hb, MCV, MCHC, beta-globulina, TEST y TEST-L.

NUM	ALB	TBIL	CA	CHOL	CPK	CREA	GLU	GGT	SGOT	SGPT	IRON	LDH	AP	PDA	K	NA	PRO	TRIS	BUN	UA	LIT	RBC	HbI	HCT	MCV	MCH	MCHC	RTM	PLT
1	38	1	104	100	1680	5	161	5	167	52	263	820	117	37	37	50	140	70	91	20	18	4	745	134	396	531	180	338	122
2	44	1	107	127	450	4	172	5	115	45	403	820	110	31	31	36	141	78	120	19	11	4	699	125	366	523	179	342	
3	35	0	100	84	278	5	198	7	86	36	301	481	123	31	31	40	139	66	40	17	10	4	766	138	406	530	180	340	122
4	37	0	102	68	110	5	168	5	68	33	210	242	75	30	30	38	139	70	87	18	9	4	782	142	404	517	182	351	
5	35	1	105	102	147	5	173	3	76	64	338	200	166	21	21	33	139	68	121	21	17	4	730	135	375	514	185	360	
6	40	0	106	82	222	6	180	5	77	45	314	425	156	32	32	38	142	73	60	23	13	3	782	142	416	532	182	341	
7	44	1	112	100	103	6	160	3	290	10	371	155	131	61	61	42	145	76	39	15	24	3	732	130	383	523	178	339	
8	37	0	106	90	886	5	202	14	144	46	363	1010	156	48	48	40	143	71	61	18	19	3	674	121	350	520	180	346	
9	41	0	109	94	305	4	151	4	91	49	334	487	189	45	45	40	138	73	105	16	8	3	674	121	350	520	180	346	
10	39	1	112	127	1680	6	202	2	290	65	403	202	279	65	65	47	141	63	60	20	11	3	758	132	383	505	174	345	
11	39	1	104	66	519	5	152	8	141	65	247	1000	279	39	39	47	141	63	60	20	11	3	702	130	369	525	185	352	110
12	34	0	103	105	103	4	136	5	60	46	331	224	103	34	34	41	141	71	137	19	7	3	776	137	401	517	177	349	
13	39	0	105	111	158	4	155	5	84	52	403	202	131	37	37	39	141	71	143	18	8	3	735	117	373	508	159	314	
14	43	0	109	121	296	5	160	6	98	55	330	233	139	39	39	44	142	74	197	17	9	3	702	136	397	554	190	343	111
15	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
16	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
17	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
18	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
19	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
20	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
21	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
22	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
23	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
24	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
25	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
26	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
27	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
28	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
29	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
30	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
31	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
32	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
33	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
34	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
35	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
36	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
37	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
38	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
39	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
40	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
41	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
42	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
43	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
44	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
45	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
46	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
47	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
48	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
49	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4	735	117	373	508	159	314		
50	38	1	107	99	750	5	164	22	108	36	376	376	376	50	50	130	72	190	19	14	4</								







de intervalo entre la aparición de neumonitis y la fibrosis, que consiste en un cuadro degenerativo, que podría haber sido sufrido por un grupo de ratas; en concreto, las que han presentado un mayor peso. El otro grupo habría sufrido disminución de la capacidad pulmonar. En la disección se observan lesiones floridas en parte del parénquima pulmonar en un grupo de las ratas radiadas.

11) ESTOMAGO: Buell, en 1989 (38), resalta que el daño producido tanto en la mucosa del estómago como en la del resto del intestino es de tipo inflamatorio, pero sólo en las primeras horas. Es lógico, por tanto, pensar que la recuperación del órgano se produzca tras treinta días de observación, desde el punto de vista de no presentar variación en su peso.

12) BAZO: Sin apenas alteración en nuestra experiencia; sin embargo, Murray, 1948 (21), encuentra descenso de peso.

13) ORGANOS GLANDULARES ENDOCRINOS como la hipófisis y el tiroides

lógicamente no se ven afectados, aunque para Tobías, 1954 (34), tras la irradiación hipofisaria de animales jóvenes (que no era nuestro caso), se provoca un descenso de peso en multitud de órganos como hipófisis, testículos, suprarrenales, próstata, tiroides, vesículas seminales.

La T4 (fig. 34) y T4L (fig. 35) presentan diferencias significativas en su varianza, de forma que la T4 disminuye y la T4L aumenta.

13) CORAZON, UTERO, HUESO permanecen inalterados dada su baja radiosensibilidad. La varianza de la CPK (fig. 30) disminuye en radiadas.

La FOSFATASA ALCALINA (fig. 14) aumenta en radiadas significativamente, no haciéndolo el CALCIO, con el cual está relacionado en su metabolismo.

14) HEMATOLOGIA: Los parámetros dependientes de la serie roja son casi todos significativamente de menor valor (figs. 17, 18, 19, 21, 24, 27), salvo la MCV (fig. 20) y la MCH (fig. 23) que aumentan. Los leucocitos disminuyen también significativamente a expensas de aumento en los segmentados y disminución en los linfocitos. Estos resultados han sido descritos con anterioridad por Pérez Modrego en 1965 (23); Kahn, 1952 (13), y Elson, 1957 (9).

15) UA (fig. 33): Aumento de la varianza debido a la existencia de dos picos, uno en el que disminuye su valor y otro en el que aumenta.

## 5. CONCLUSIONES

La explotación de datos clínicos, en el tipo de animal utilizado por nosotros, es pobre, demostrándose por la aparición sin pródomos de dos ratas muertas a lo largo de la experiencia.

Creemos que la obtención de los resultados analíticos y de pesos, pueden mover a los médicos implicados en los estudios y tratamientos radioterápicos y aquellos encargados de los distintos aspectos de la protección radiológica a estudiar como parámetros objetivos de la evolución de un órgano tras radioterapia los datos bioquímicos y el estado de los órganos, dados los resultados que hemos obtenido.

Hemos encontrado correlaciones entre órganos y bioquímica: para el hígado con los marcadores SGOT y SGPT; el páncreas, con la insulina; los riñones, con Na, creatinina y urea, y suprarrenales, con cortisona.

Por otra parte, el tipo de variaciones que se han dado en la TEST, TEST-L, T4 y T4L parecen contradecir la ley de acción de masas y se pueden explicar por alteraciones en la constante de equilibrio que probablemente sean debidas a alteraciones de la configuración de las proteínas transportadoras en el suero o cambios en la osmolaridad o pH plasmáticos, otra explicación podría ser un aumento en la liberación del coloide.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.— ASSCHER, A.W.: "The delayed effects of renal irradiation". *Clin. Radiol.*, 15: 320-25, 1964.
- 2.— BERING, E.A.; BAILEY, O. T.; FOWLER, F.F.; DILLARD, P.H.; INGRAHAM, F.D.: "The effect of gamma radiation on the central nervous system". *Am. J. Roentgen.*, 74: 686-701, 1955.
- 3.— BEEBE, G.W., ET AL.: "Studies of the mortality of a bomb survivors". *Radiat. Res.*, 16: 253, 1962.
- 4.— BENGTTSSON, G.: "Radiation doses in Europe after the Chernobyl accident". *Med. Oncol. Tumor Pharmacother.*, 4(3-4): 133-137, 1987.
- 5.— BOGO, V.: "Radioprotection of behavioral effects and behavioral effects of radioprotectors". In *Symposium of perspectives in radioprotection*. 13-14 march. Bethesda, Maryland, 1987.
- 6.— CONARD, R.A.; HICKING, A.: "Medical findings in Marshallese People exposed to fallout radiation". *JAMA*, 192: 457, 1965.
- 7.— COURT-BROWN, V.M.; DOLL, R.: "Expectation of life and mortality from cancer among British radiologists". *Br. Med. J.*, 2(5090): 181, 1958.
- 8.— DU TOIT, D.F.; HEYDENRUYCH, J.J.; SMIT, B.; ZUURMOND, T.; LOWN, G.; LAKER, L.; ELS, D., ET AL.: "The effect of ionizing radiation on the primate pancreas: an endocrine and morphologic study". *J. Surg. Oncol.*, 34(1): 43-52, 1987.
- 9.— ELSON, J.A.; HEVESEY, G.; FIRSSBERG, A.; ABBATT, J.D., eds.: "Advances in radiobiology". Oliver & Bod, Ltd., Edimburg, 1957.
- 10.— GIAMBARRESI, L.; LACOBBS, A.J.: "Radioprotectants". In: *Military Radiobiology*, pp. 265-301. Conklin JJ and Walker RI, eds. Academic Press, Orlando, 1987.
- 11.— HALEY, T.J.; SNIDER, R.S., eds.: "Response of the nervous system to ionizing radiation". Brown and Company, Boston, 1964.
- 12.— HOPEWELL, J.W.: "The importance of vascular damage in the development of late radiation effects in normal tissues". In *Radiation biology in cancer research*. R.E. Meyn and H.R. Withers, eds. Raven Press, New York, pp. 449-459, 1980.
- 13.— KAHN, J.B.; FURTH, J.: "Pathogenesis of post-irradiation anemia". *Blood*, 7: 404-16, 1952.
- 14.— KRALJEVIC, P.: "Effects of the radiation released by the Chernobyl nuclear accident". *Arh. Hig. Rada Toksikol.*, 38(3): 261-272, 1987.
- 15.— LACASSAGNE, A.; GRICOUROFF, G.: "Action des radiations ionisantes sur l'organisme". Masson et Cie. Paris, 1956.
- 16.— LAUK, S.; TROTT, K.R.: "Radiation induced heart disease in hypertensive rats". *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 14(1): 109-114, 1988.
- 17.— LOTUS: "Symphony". Madrid, 1985.
- 18.— MILISEN, W.B.; BENJAMIN, S.A.; MILLER, G.K.: "Effects of irradiation on the nonlymphoid thymus in vitro". *Radiat. Res.*, 115(1): 84-95, 1988.
- 19.— MOLE, R.H.: "Radiation effects in man: Current views and prospects". *Health Phys.*, 20: 485, 1971.
- 20.— MOUSTAFA, H.T.; HOPEWELL, J.W.: "Blood flow changes in pig skin after single doses of X-rays". *Br. J. Radiol.*, 52: 138-144, 1979.
- 21.— MURRAY, R.G.: "The spleen. Histopathology of Irradiation". Mc Grau-Hill Book Company, New York, 1948.
- 22.— PENNEY, D.; VAN HOUTTE, P.; RUBIN, P.; ROSENKRANS, W.; SIEMAN, D.; COOPER, R.: "Interplay of pulmonary fibrosis versus pneumonitis: Radiation and Bleomycin effects on mouse lung". *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, sept.: 114, 1985.
- 23.— PEREZ MODREGO, S.; PLATA BEDMAR, A.: "Radiaciones ionizantes". Artes Gráficas Langa y Cia., págs. 393-4. Madrid, 1965.
- 24.— RICE, J.C.; IZUTSU, K.T.; TRUETOLOVE, E.L.; MENARD, T.W.; ANDERSON, M.W.; MORTON, T.H.; SIEGEL, I.A.: "Rat parotid pathophysiology following Cs-137 irradiation". *Radiat. Res.*, 90: 330-8, 1982.
- 25.— RUBIN, P.; CASARETT, G.W.: "Clinical radiation pathology". Philadelphia, W.B. Saunders Co., vols. 1 and II, pp. 850, 894, 903, 1968.
- 26.— SAIZ MORENO, L.; GARCIA DE OSMÁ, J.L.; COMPAÑE FERNANDEZ, C.: "Animales de laboratorio, Cria, manejo y control". Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 1983.
- 27.— SCHNEYER, C.A.: "Secretory mechanisms of salivary glands". L.H. Schneyer and C.A. Schneyer (eds.). Academic Press., p. 207, New York, 1967.
- 28.— SELTSER, R.; SARTWELL, P.E.: "Influence of occupational exposure to radiation on mortality of American radiologists and other medical specialists". *Am. J. Epidemiol.*, 81: 2, 1965.
- 29.— STEER, A.: "The delayed consequences of exposure to ionizing radiation. Pathology studies at the atomic bomb casualty commission. Hiroshima and Nagasaki, 1945-1970. Other tumors". *Hum. Path.*, 2: 541, 1971.
- 30.— STEIN, J.J.: "The carcinogenic hazards of ionizing radiation in diagnostic and therapeutic radiology". *Cancer*, 17: 278-287, 1967.
- 31.— THAMES H.D.; WITHERS, H.R.; MASON, K.A.; REID, B.O.: "Dose-survival characteristics of mouse jejunal crypt cells". *Int. J. Rad. Oncol. Biol. Phys.*, 7: 1591-1597, 1981.
- 32.— TUBIANA, M.; DUTREIX, J.; DUTREIX, A.; JOCKEY, P.: "Bases physiques de la radiothérapie et de la radiobiologie". Ed. Masson et Cie., pp. 627-9. Paris, 1963.
- 33.— VAN DEN BRENK, H.A.S.; STONE, M.G.: "Effects of X-irradiation on salivary gland growth in the rat". *Int. J. Radiat. Biol.*, 21: 247-256, 1972.
- 34.— VAN DER KOEGL, A.J.: "Mechanisms of late radiation injury in the spinal cord. In radiation biology in Cancer Research". R.E. Meyn and H.R. Withers, eds. New York: Raven Press, pp. 461-470, 1980.
- 35.— WARREN, S.: "Longevity and causes death from irradiation in phisicians". *JAMA*, 162(5): 464, 1956.
- 36.— YOUNG, R.W.: "Mechanisms and treatment of radiation-induced nausea and vomiting". In: *Nausea and vomiting: Mechanisms and treatment*, pp. 94-109. Davis, C.J.; Lake-Bakaar, G.V. and Grahame-Smith, D.G., eds. Springer, Berlin, 1986.
- 37.— ZEMAN, W.; SAMORAJSKI, T.: "Effects of irradiation on the nervous system". In *Pathology of irradiation*. C.C. Berdjis, ed. Baltimore: Williams & Wilkins, pp. 213-277, 1971.
- 38.— BUELL, M.G.; HARDING, R.K.: "Proinflammatory effects of local abdominal irradiation on rat gastrointestinal tract". *Dig. Dis. Sci.*, 34(3): 390-9, 1989.
- 39.— TOBIAS, C.A.; VAN DIKE, D.C.; SIMPSON, M.E.; ANGER, H.O.; HUFF, R.L.; KONEFF, A.A.: "Irradiation of the pituitary of the rat with high energy deuterons". *Amer. J. Roentgen.* 72: 1-21, 1954.
- 40.— LATORRE TRAVIS, E.: "Radiobiología médica". Ed. A.C., p. 124. Madrid, 1979.