

EFECTO DE LA APLICACION DE 500 RAD. DE RAYOS GAMA SOBRE LA ESPERMATOGÉNESIS EN EL RATON. (1)

Gustavo Piedrahita (2)
Gonzalo Estrada C. (3)

RESUMEN

*En el presente trabajo se aplicó 500 RAD. de Rayos Gama a ratones (*Mus musculus*) y luego se observó los cambios que se presentaron en la Espermatogénesis, durante un periodo de 76 días. Para realizar lo anterior, se contó el número de células de un tipo determinado de túbulos seminíferos y se tomaron fotomicrografías para ilustrar el proceso.*

INTRODUCCION

En la era moderna la radiación es uno de los temas más interesantes, que tienen relación con la Biología.

De múltiples fuentes llegan radiaciones a los seres vivos, tales como: explosiones atómicas del espacio extraterrestre, sustancias radioactivas, empleo de rayos X, etc.

Las radiaciones son principalmente Alfa, Beta, Gama y Rayos X.

Los Rayos X y Gama son de alta energía y producen ionización de moléculas, ruptura de puentes de hidrógeno, etc. en células vivas. En la piel producen radiodermatitis, en los genes producen mutaciones, en cromosomas ruptura de ellos, etc. (6).

Se informa que el conteo de los espermatozoides en el epidídimo de ratón, cuatro semanas después de aplicar 200 rad de rayos X, disminuyen hasta valores de menos del 10o/o; después de 10 semanas, vuelve a adquirirse valores normales. (17).

La espermatogénesis es el proceso por el cual se producen espermatozoides en el epitelio de túbulos seminíferos, a partir de espermatogonias. El proceso anterior se lleva a cabo pasando por las siguientes etapas: Espermatogonia Ti-

po A, Espermatogonia Intermedia, Espermatogonia Tipo B, Espermatocito Primario (que pasa por los siguientes estados: Leptotene, Zigotene, Paquitene, Diplotene y Diaquinesis), Espermatocito Secundario, Espermatidas, las cuales sufren un proceso final de transformación hasta llegar a espermatozoides.

Durante las últimas tres décadas, se han hecho diversos trabajos aplicando rayos X y Gama a ratones, para observar los efectos sobre la espermatogénesis y se ha visto que ésta, disminuye parcial o totalmente según la dosis administrada (14).

MATERIALES Y METODOS

De 20 ratones muchos adultos de raza albino suizo (*Mus musculus* tipo Bagg), se irradiaron 10 con 500 rad. de rayos gama, en la forma siguiente; se colocaron en una caja de cartón de 40 centímetros de profundidad, en un extremo de ésta, sobre una superficie de aproximadamente 11 centímetros de ancho por 35 centímetros de largo, quedando en esta forma muy poco espacio libre entre ellos. Luego, de acuerdo con tablas ya establecidas por sus fabricantes para Bomba de Cobalto 60 del Hospital Universitario de San Vicente de Paúl, se les expuso a rayos gama durante unos 5 minutos, aproximadamente, para que cada uno de ellos recibiera en todo el cuerpo de 500 rad.

(1) Trabajo presentado como requisito para optar al Título de Biólogo.

(2) Estudiante, Departamento de Biología, Universidad de Antioquia.

(3) Profesor, Departamento de Biología, Universidad de Antioquia.

Para evitar que los ratones se movieran durante el tiempo de irradiación, fueron obligados a permanecer quietos expariéndoles gotas de Hidrato de Cloral, que ellos inmediatamente lamían.

Tanto los ratones irradiados como los controles, fueron conservados en un cuarto para animales, hasta un máximo de 76 días a medida que eran sacrificados a diversos intervalos así: en el mismo día se sacrificó un ratón control y un ratón irradiado, esto se llevó a cabo durante los días: once, veintiseis, treinta y nueve, cincuenta y dos y setenta y seis. O sea que fueron observados: 5 controles y 5 irradiados; el resto de ratones no se pudieron observar por fracaso en las técnicas, o por muerte en las jaulas causadas por riñas entre ellos.

El proceso seguido para cada ratón sacrificado fué el siguiente: después de sacarlo de la jaula, (primero el ratón control) fue matado por dislocación cervical, para lo cual fue sujetado de la cola con la mano izquierda y colocado sobre el piso mientras, se hacía presión fuerte sobre la nuca con el dedo índice y el dedo pulgar de la mano derecha hasta sentir que se producía tal dislocación. Luego fué extendido sobre un pedazo de cartón y fijado con una aguja grande. Se hizo incisión longitudinal en región abdominal baja, se extrajeron los testículos después de ser liberados del tejido graso y finalmente se seccionó el conducto deferente. Luego se fijó uno de los testículos en formol al 80/0 y el otro en fijador de Bouin. Un proceso igual se llevó a cabo en seguida con el ratón irradiado.

Pasado el tiempo de fijación (5 horas para Bouin y 24 para formol), fueron llevados los testículos al técnico siguiendo en él los siguientes pasos:

Alcohol (Etanol) al 30o/o	1 hora
Alcohol (Etanol) al 50o/o	2 horas
Alcohol (Etanol) al 70o/o	2 horas
Alcohol (Etanol) al 95o/o	2 horas
Alcohol (Etanol) al 100o/o	1 hora
Xilol	2 horas
Parafina	3 horas

Para evitar que el alcohol absoluto se hidratara, se le agregó sulfato de cobre anhidro, de color ceniza, previo calentamiento.

Los testículos fijados en formol fueron procesados solamente hasta su inclusión en parafina y luego se guardaron para trabajo posterior. Los testículos fijados en Bouin fueron procesados hasta el final y a ellos corresponden los datos obtenidos en este trabajo.

Actualidades Biológicas, Vol.6, No.21

Tanto en los testículos control como de los irradiados, se hicieron cortes de 5 micras de espesor y se prepararon entre 10 y 40 placas de cada uno. Luego fueron colocados en una estufa a 35°C por 48 horas y después se colocaron con hematoxilina-eosina.

Se contaron luego al microscopio de luz, las células espermatogénicas de 5 túbulos control y de 5 túbulos irradiados, que fuesen lo más circulares posibles y que pertenecieran al estado VII de espermatogénesis.

Un corte transversal de un túbulo seminífero de ratón normal, puede presentar doce estados diferentes de espermatogénesis y un estado de éstos, es una asociación determinada de células espermatogénicas. Así tenemos que, el estado I presenta: Espermatogonia tipo A, Espermátocitos Primarios en Paquitene y Espermátidas en etapas de espermiogénesis I y 13. Aunque la Espermatogénesis es un proceso continuo se ha dividido en 16 etapas y así la espermátida 1, es la célula resultante de la división de espermátocitos secundarios y se encuentra en la etapa 1 de espermiogénesis y espermátida 13, es aquella que se encuentra en la etapa 13 de la espermiogénesis. Espermátida 16, es el espermatozoide tal como es liberado del túbulo seminífero (13). Estas etapas de la espermiogénesis, se basan en el desarrollo del sistema acrosómico, el cual, en el humano, se forma del Aparato de Golgi (7) Ver figura No. 19.

Los estados de la espermatogénesis, se designan con números romanos y las etapas de la espermiogénesis, con números arábigos.

Los doce estados de la espermatogénesis, coinciden cada uno, con las doce primeras etapas de la espermiogénesis, de una manera respectiva. Ver figura No. 21

Al estado I de la espermatogénesis, se sobrepone además de la etapa 1 de la espermiogénesis, la etapa 13 de esta, en la segunda capa. A los estados II y III se sobrepone la etapa 14 de espermiogénesis en la misma capa. A los estados IV, V, VI se sobrepone la etapa de espermiogénesis 15 en la misma capa y a los estados de espermatogénesis VII y VIII, se sobrepone la etapa 16 de espermiogénesis en igual sitio de los anteriores. En los estados X, XI y XII, no se sobrepone ningún tipo de espermátida sobre otro.

Para reconocer, en qué estado espermatogénico se halla un corte transversal de un túbulo seminífero, se observa en que etapa del proceso de espermiogénesis se encuentran las espermátidas presentes y con ello se deduce aquel. Ver figuras Nos.: 1, 10, 11, 12, 13, y 14

Método de Conteo de Células.

Para el conteo de células espermatogénicas, se seleccionaron túbulos en estado VII de espermatogénesis. Este estado contiene normalmente: Espermatogonias tipo A, Espermátocitos Primarios en reposo, Espermátocitos Primarios en paquitene y Espermátidas en etapas 7 y 16 de espermiogénesis. o

sea, que no presenta ninguno de los siguientes tipos de células: Espermatogonias tipo B, Espermatogonias Intermedias, Espermatocitos Primarios en otros estados diferentes a reposo y paquitene, Espermatocitos Secundarios y Espermátidas en etapas de espermiogénesis diferentes a las 7 y 16. Ver figura No. 21.

Se contaron células de túbulos cercanos lo más posible al centro del corte del testículo.

En los 5 túbulos irradiados y en los 5 túbulos control, se contabilizó en cada uno de ellos, los siguientes conjuntos de células cada uno por aparte:

1. Conjunto de Espermatogonias tipo A y Espermatocitos Primarios en Reposo.
2. Espermatocitos Primarios en Paquitene.
3. Conjunto de Espermátidas en etapas 7 y 16 de espermiogénesis.

Para contar las células se empleó, el objetivo de 100 x, con aceite de inmersión y para buscar el túbulo en estado VII de espermatogénesis se buscó con objetivo de 10x, luego con objetivo de 40 x y finalmente con objetivo de 100 x y aceite de inmersión y con este se obtenía una identificación definitiva.

Para contar las células se iniciaba en la parte inferior de cada túbulo y se continuaba en sentido contrario a las agujas del reloj, hasta volver al punto de partida.

Para cada conjunto de células de cada túbulo, se anotó su cantidad en cada uno de los túbulos contados y luego se sumó el total por aparte en túbulo control y en túbulos irradiados y se le sacó su media aritmética. Con las medias aritméticas se hicieron los gráficos.

Se tomó una fotografía a un túbulo VII control y a un túbulo VII irradiado, correspondientes a los respectivos ratones sacrificados los días: once, veintiseis, treinta y nueve, cincuenta y dos y setenta y seis. Estas fotos fueron tomadas con objetivo de 40 x, con tiempo de exposición de 2 a 2.5 segundos algunas de ellas y otras con objetivo de 100 x y aceite de inmersión con tiempo de exposición de 4 a 5 segundos. Para las fotos tomadas con objetivo de 10 x se empleó tiempo de exposición de 2 segundos. El microscopio con el cual fueron tomadas las fotografías es marca Carl Zeiss con las siguientes características: binocular, con tres condensadores, con cámara fotográfica y se usó fultro OG 2 (amarillo naranja) También se usó un microscopio con las mismas características del anterior pero solo tenía un condensador.

Para anotar las fotos que se tomaban, se empleó una hoja dividida a lo largo con varias secciones que eran: número de foto, motivo condensador inferior, condensador medio, condensador superior, aumento, tiempo de exposición y tiempo de filtro usado. Para cada foto se llenó cada una de estas especificaciones:

Al hacer copias de los negativos, se hizo ampliación hasta de 10 veces el tamaño.

RESULTADOS

Conteo de células espermatogénicas en 5 túbulos control, durante 5 diferentes cantidades de días.

	Total de Células					Media Aritmética				
	No. de Días					No. de Días				
Conjunto de espermatogonias Tipo A y espermatozoides primarios en reposo.	11	26	39	52	76	11	26	39	52	76
	835	440	390	235	220	167	88	78	51	44
Espermatozoides primarios en paquitene.	1,060	960	700	600	825	212	192	140	120	165
	1,160	960	485	470	795	232	192	97	94	159

El conteo de células espermatogénicas en 5 túbulos de *testículo irradiado*, durante 5 cantidades de días.

	Total de Células					Media Aritmética				
	No. de Días					No. de Días				
Conjunto de espermatogonias Tipo A y espermatoцитos primarios en reposo.	11	26	39	52	76	11	26	39	52	76
	130	530	330	285	400	26	106	66	57	80
Espermatoцитos primarios en paquitene.	Total de Células					Media Aritmética				
	No. de Días					No. de Días				
Conjunto de espermátidas en etapas 7 y 16 de espermiogénesis.	1,090	240	540	580	750	218	48	108	116	150
	1,525	710	195	325	704	305	142	39	65	140

En las gráficas 1, 2 y 3 después de irradiar con 500 rad, se nota marcada disminución en la población celular así: Muestra tomada a los 11 días: disminución de espermatogonias. Muestra tomada a los 26 días: disminución de espermatoцитos primarios en paquitene.

Muestra tomada a los 39 días: disminución de espermátidas en etapa 7 y 16 de espermiogénesis. En el día 76 los irradiados presentan una población celular, casi igual a los controles.

Es de notar que los túbulos a los cuales se les hizo conteo, tenían forma elíptica y tamaño variable casi todos ello explicará algunas variaciones en los controles e irradiados.

Para identificar cada túbulo en estado VII de espermatogénesis, se localizó primero la figura acrosómica correspondiente a espermátidas en etapas 7 de espermiogénesis, que corresponde al estado VII de espermatogénesis (4) y aunque hubiera figuras acrosómicas correspondientes a la etapa 6 y 8 de espermiogénesis que pertenecían a los estados VI y VIII de espermatogénesis en el conjunto de las espermátidas del estado VII. Además se contaron en muchos túbulos dentro del conjunto de espermatogonias tipo A y espermatoцитos primarios en reposo: espermatogonias tipo intermedio o B (que seguramente correspondían a estados VI de espermatogénesis o también porque como se anota en algunos trabajos, los diversos estados espermatogénicos, se sobrepone en alguna medida unos a otros) (13).

DISCUSION.

Carberg estudiando el tiempo de duración de espermatogénesis, observó la ausencia de espermatoцитos primarios en

reposo, en el estado VII de espermatogénesis, el primer día después de irradiar (13).

En nuestro gráfico número 1 el conjunto de espermatogonias tipo A y espermatoцитos primarios en reposo tienen un número muy inferior al control, mientras que los espermatoцитos en paquitene y el conjunto de espermátidas en etapas 7 y 16 de espermiogénesis, tienen un número de células semejantes al número de células que de estos tipos respectivamente presentan los controles, 11 días después de irradiar.

GRÁFICO N° 1

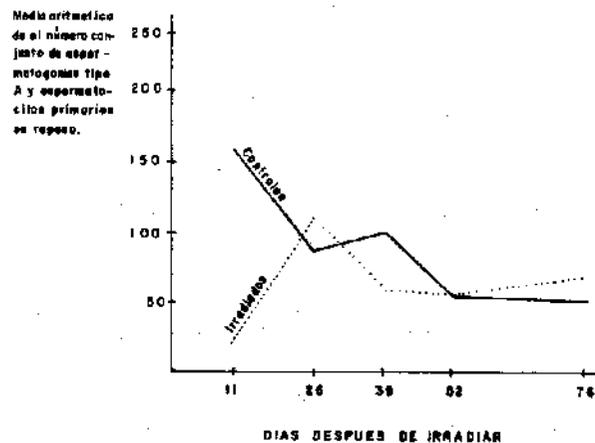


GRAFICO N° 2.

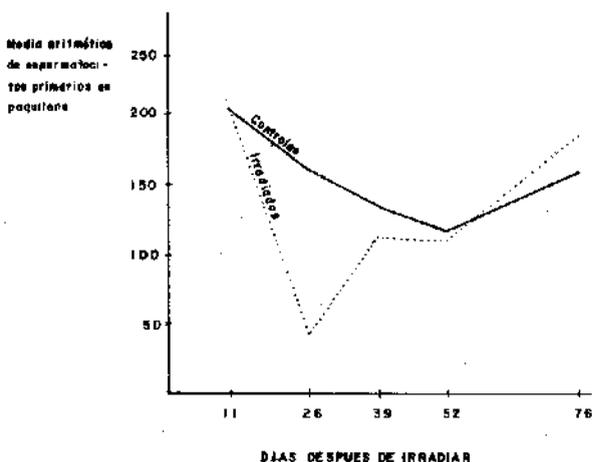
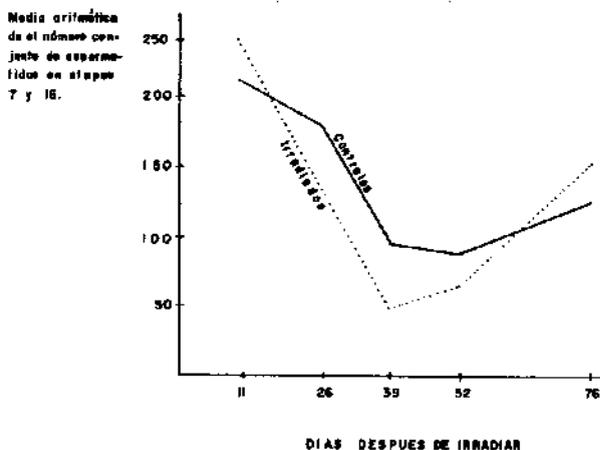


GRAFICO N° 3



Según Oarberg, a consecuencia de la muerte de espermatogonias tipo B, los espermatozoides primarios en reposo, desaparecen durante las primeras 48 horas después de la irradiación. En el presente trabajo se hicieron observaciones de espermatogénesis 11 días después de irradiar y el número de espermatozoides primarios en reposo está muy disminuido. Este número bajo de tales células puede ser debido a daño, no en espermatogonias tipo B, sino en espermatogonias tipo A; porque un ciclo del epitelio del túbulo seminífero dura 7 - 8 días o sea que este tipo es necesario para pasar una espermatogonia tipo A a espermatozoides primarios pasando por espermatogonias intermedias y espermatogonias tipo B.

Es importante agregar que los ciclos del epitelio del túbulo seminífero son las siguientes:

1. Espermatogonia tipo A a espermatozoides primarios.
2. Espermatozoides primarios a espermatozoides secundarios.
3. Espermatozoides secundarios a espermátidas en etapa 1 de espermiogénesis.
4. Espermátidas en etapa 1 de espermiogénesis a espermátidas en etapa 16 de espermiogénesis o espermatozoides.

Oakberg encontró desaparición total de generaciones sucesivas de células del estado VII de espermatogénesis, en momentos diferentes (14), él mató ratones con un intervalo de sólo horas durante los dos primeros días y diariamente durante los días 3 a 38 (todos ellos irradiados con 100 rad de rayos X), exceptuando los días 3 a 6; 21 a 24 - 30 a 33 durante los cuales, no observó la espermatogénesis. En el presente trabajo la desaparición sucesiva de generaciones de células se acerca a cero pero no llega a cero, lo que se debe al día en que fué tomada la muestra porque él halla que los espermatozoides primarios en reposo, son cero a las 15 horas después de irradiar, los espermatozoides primarios en paquitene se hacen cero, en los días 7, 8 y 9 después de irradiar, las espermátidas en etapas 7 de espermiogénesis se hacen cero a los 16 y 17 días, las espermátidas en etapa 16 de espermiogénesis, se hacen cero en el día 25. En este trabajo, se aplicaron 500 rad de rayos gamma y se observó a los 11 días, después de irradiar un número muy disminuido, en el conjunto de espermatogonias tipo A y espermatozoides primarios en reposo. En el día 26 después de irradiar se observó el número de espermatozoides primarios en paquitene muy disminuido y en el día 39 y 52, un número muy reducido en el conjunto de espermátidas, en etapas 7 y 16 de espermiogénesis.

Las células cuyo número era muy reducido en los días ya anotados en los ratones irradiados del presente trabajo, eran células cuyo número, se halla en proceso de avance, hacia una cantidad normal y que por lo tanto estos tipos de células debieron haber tenido una cantidad cero, algún tiempo antes de ser contados.

Como ya se ha concluido, los espermatozoides primarios en reposo, debieron haber sido producidos por espermatogonias tipo A que sobrevivieron a la irradiación, dado el tiempo que había transcurrido desde que se irradió hasta ese momento. Estas espermatogonias sobrevivieron a la irradiación, dado el tiempo que había transcurrido desde que se irradió hasta ese momento. Estas espermatogonias sobrevivieron a la irradiación y con respecto a ello Monesi V. (10, 11, 12) ha realizado trabajos, destinados a observar, que tipo de espermatogonias sobreviven a tratamiento con rayos X. Para tener, una idea más amplia de este trabajo, es necesario decir que los espermatogonias tipo A normalmente son de los siguientes tipos: As, AI, AII, AIII y AIV, dando cada una de ellas origen a la siguiente, de acuerdo con el orden anterior. Las espermatogonias tipo A se dividen en los estados espermatogénicos IX, XI, I, y II en los cuales

aumentan grandemente de número. En segundo lugar es bueno agregar que las espermatogonias tipo A, se hallan presentes, en todos los estados espermatogénicos.

Monesi halló que las espermatogonias tipo A más sensibles a la radiación, eran las AIV y se disminuía la sensibilidad a la radiación de acuerdo al siguiente orden: A III, A II, A I y As, por lo tanto las más resistentes a la radiación eran las As, o sea, aquellas que daban origen a las demás. Las espermatogonias que son sensibles a la radiación sufren degeneración y lisis en el período G 2 del ciclo células.

Cuando la dosis de radiación administrada es mayor de 1.500 rad, la espermatogénesis no se restablece y el epitelio seminífero es reemplazado por tejido fibroso.

Alison (1) anotó que pequeñas dosis de radiación solamente afecta la división de espermatogonias tipo A.

Grundmann (8) observó, que el epitelio corneal de larvas de urodelo (inmediatamente después de irradiar) se presenta descenso rápido de la frecuencia de mitosis, hasta producirse un intervalo libre de mitosis, de 1 a 3 días cuya duración en cada caso, depende de la clase de tejido y de la dosis de radiación administrada.

En posterior trabajo Oakberg (16) observó que tanto con 100 como con 500 Rad, de radiación, solo sobrevive el tipo As de espermatogonias tipo A y que este es, el que vuelve a poblar de nuevo, con el número normal de células el epitelio del túbulo seminífero.

Las espermatogonias tipo A de la clase As, siguen una cinética celular igual a la de los controles, después de recibir 500 rad (16). Bruce M. Cattanach (4) observó la mediana (correspondiendo esta al día en el cual las hembras quedaban embarazadas al ser apareadas con el mayor número de machos) del día de regreso de la fertilidad, en ratones a los cuales se les aplicó radiación en dosis diversas y dicha mediana para el grupo de ratones a los cuales se les aplicó 500 rad de rayos X en el tercio posterior del cuerpo, fué el día 56. Esto coincide con el presente trabajo sobre espermatogénesis que presenta, números de los diversos tipos de células del estado VII de espermatogénesis, casi iguales en control e irradiados a los 76 días.

Searly (17) anota que la fertilidad, sufre caída y nueva recuperación, paralela a la disminución y recuperación de el conteo de espermatozoides en el contenido de el epididismo de ratones irradiados con 200 rad de rayos X, durante los 70 días que siguen a la irradiación.

Blackburn y Colbs (3) describen un tipo de gen que produce feminización en el ratón, presentando éste en sus túbulos seminíferos, solamente espermatogonias, espermatoцитos primarios, células de Sertoli y un número aumentado de células de Leydig. Esta enfermedad, podría confundirse con los túbulos seminíferos a los que se les ha aplicado radiación, pero el número muy aumentado de células de Leydig,

sirve para diferenciar estos dos tipos de túbulos. Estas células se aumentan 3 ó más veces o más su número, en el efecto producido por este gen.

Hay sustancias químicas que producen variaciones en el conteo de espermatozoides del epididismo de ratón, iguales a las variaciones que producen la aplicación de 200 rad de rayos X (17).

RESUMEN

Se observa la disminución del número de células espermatogénicas de los túbulos seminíferos, en estado VII de espermatogénesis, después de aplicar 500 rad de rayos gamma.

Esta disminución de células espermatogénicas dura al parecer, unos dos y medio o tres meses, tiempo al cabo del cual dicho número de células como se vió en el presente experimento, es casi igual en ratones control y en ratones irradiados.

Esta disminución reace sobre un tipo dado de células solamente, por ejemplo: a los 11 días después de irradiar, se presenta disminuido el conjunto de espermatogonias tipo A y espermatoцитos primarios en reposo, mientras que los espermatoцитos primarios en paquitene y el conjunto de espermátidas en etapas 7 y 16 de espermiogénesis permanecían igual a los controles (ver gráfica 1).

En el día 26 después de irradiar, los ratones sometidos a tal tratamiento presentaron un número disminuido de espermatoцитos primarios en paquitene mientras que el conjunto de espermatogonias tipo A y el conjunto de espermátidas en etapas 7 y 16 de espermiogénesis permanecían iguales a los controles (ver gráfica 2).

En el día 29 después de irradiar se halla bajo el número de células del conjunto de espermátidas en etapas 7 y 16 de espermiogénesis mientras que los espermatoцитos primarios en paquitene y el número de células del conjunto de espermatogonias tipo A y espermatoцитos primarios en reposo se hallaban igual, a los controles (ver gráfica 3).

En el día 52 después de irradiar se observa disminución menos acentuada del conjunto de espermátidas en etapas 7 y 16 de espermiogénesis, en relación con los controles, que esta misma disminución, observada el día 39.

Para el día 76 después de irradiar, tanto irradiados como controles, son casi iguales en todos los números de los diversos conjuntos de células.

Las radiaciones producen como ya se dijo, muchos otros cambios en las células del epitelio seminífero especialmente mutaciones y rupturas de cromosomas, pero estos aspectos se salen del alcance de este trabajo.

CONCLUSIONES.

Al aplicar 500 rad de rayos gama a ratones machos adultos (albinos suizos), se produce disminución del número de células espermatogénicas en forma de onda, que comienza en el conjunto de espermatogonias tipo A y espermatocitos primarios en reposo, sigue luego en espermatocitos prima-

rios en paquitene y termina finalmente en el conjunto de espermátidas en etapas 7 y 16 de espermiogénesis.

Luego la espermatogénesis se hace nuevamente casi normal, a los 76 días después de aplicar esta cantidad de radiación, en todo el cuerpo.

FIGURA Nº 1

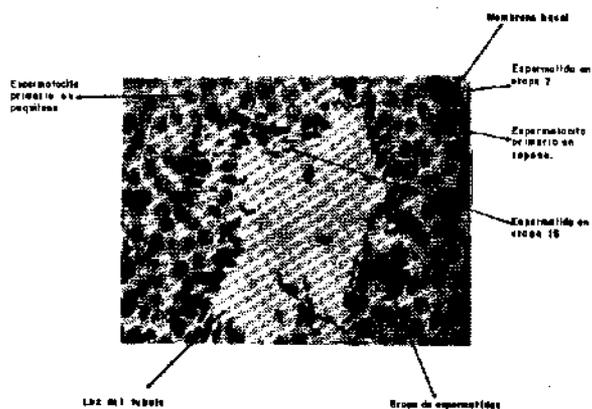


Figura No. 1. Fotomicrografía que muestra un corte transversal de túbulo seminífero de testículo de ratón en estado VII de espermatogénesis Aum. 1.300x.



Figura No. 3. Fotomicrografía de túbulo seminíferos de testículo de ratón, 11 días después de haber recibido 500 rad. de rayos gamma. Obsérvese la disminución de células en relación con la figura 2, Aum. 480 x.



Figura No. 2. Fotomicrografía de túbulo seminífero de ratón control que fué sacrificado el mismo día que se sacrificó el ratón irradiado de 11 días, Aum. 480 x.

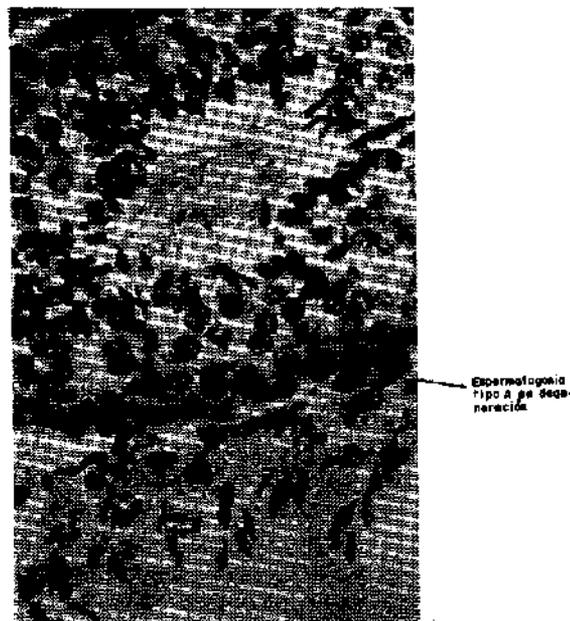


Figura No. 4. Fotomicrografía de túbulo seminífero de testículo de ratón en estado VII después de recibir 500 rad de rayos gamma. 11 días después de ello, Aum. 1.880 x.

Ver figura 5.

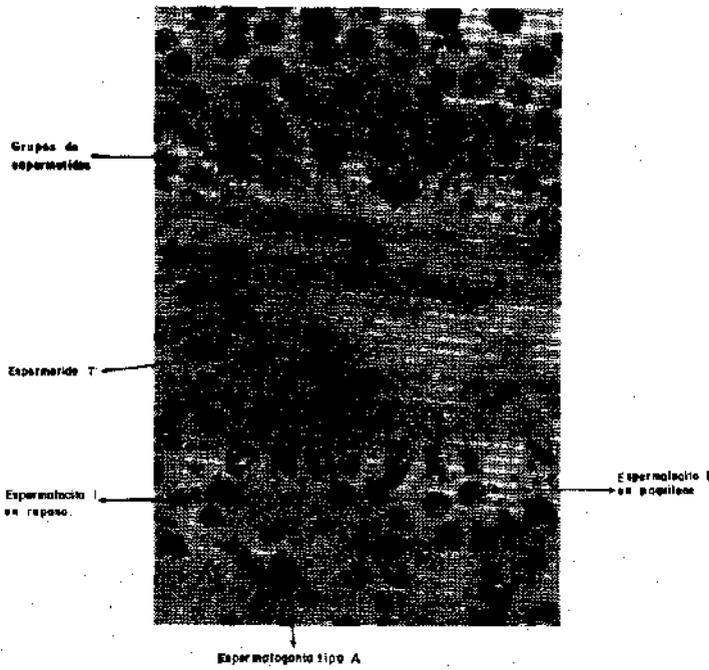


Figura No. 5. Fotomicrografía de túbulo seminífero de testículo de ratón en estado VII de espermatogénesis. Este ratón es control y se sacrificó el mismo día que fué sacrificado el ratón de 11 días de irradiado.

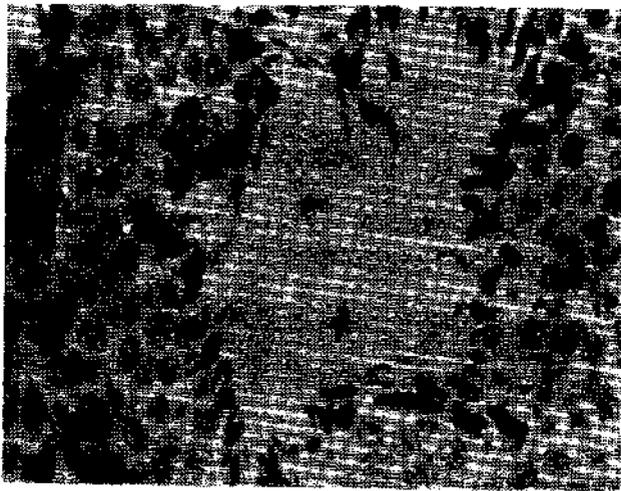


Figura No. 6. Fotomicrografía de túbulo seminífero de testículo de ratón en estado VII. Control, sacrificado el mismo día que se sacrificó el ratón irradiado. 26 días. Aum. 1,300 x.

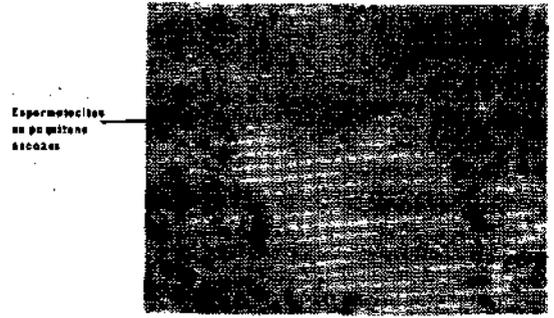


Figura No. 7. Fotomicrografía de túbulo seminífero de testículo de ratón irradiado en estado VII de espermatogénesis, 26 días después de ello se observa reducción en el número de espermatocitos primarios en paquitene. Aum. 1.300 x.

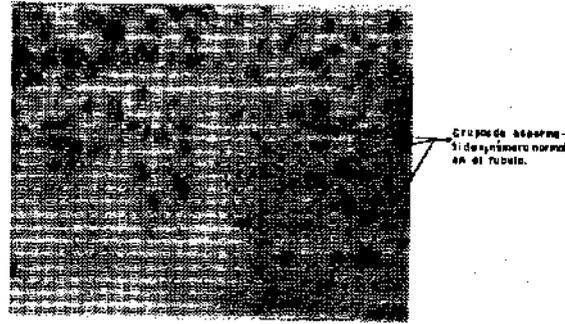


Figura No. 8. Fotomicrografía de túbulo seminífero de testículo de ratón control en estado VII de espermatogénesis que fué sacrificado el mismo día que se sacrificó el ratón de 39 días irradiado. Aum. 1300 x.

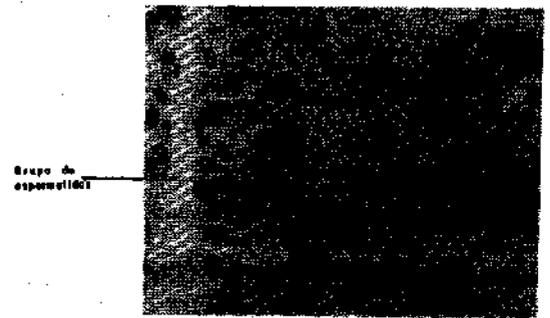


Figura No. 9. Fotomicrografía de túbulo seminífero de testículo de ratón irradiado en estado VII de espermatogénesis, 39 días después de ello se observa principalmente un número reducido de grupos de espermatocitos. Aum. 1,300 x.

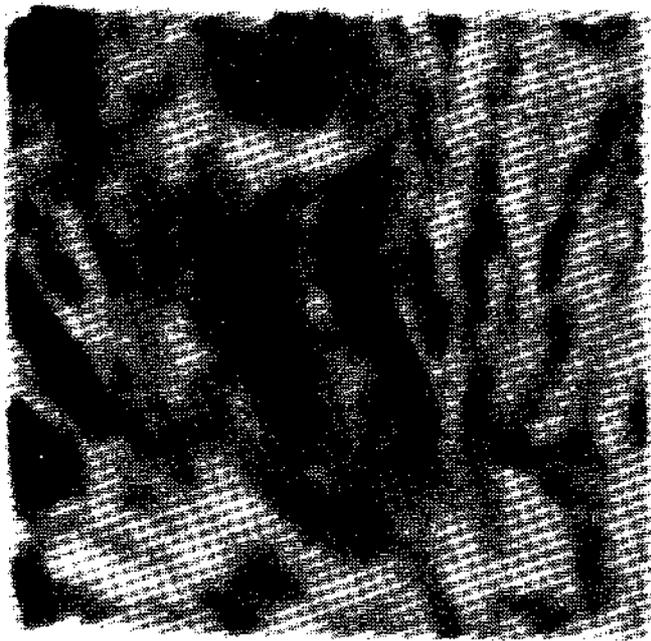


Figura No. 10. Fotomicrografía de espermátidas en etapa 7 de espermatogénesis, se vé una muy nítida al frente de la flecha. Perteneces esta fotomicrografía a un ratón control. Ver. figura No. 19.

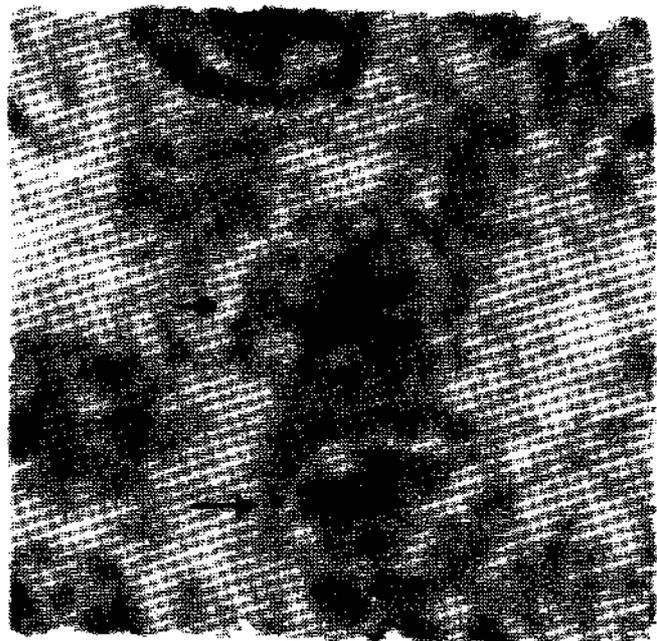


Figura No. 12. Fotomicrografía tomada a espermatoцитos primarios en paquitene de un túbulo seminífero de testículo de ratón control. Aum. 8.300 x

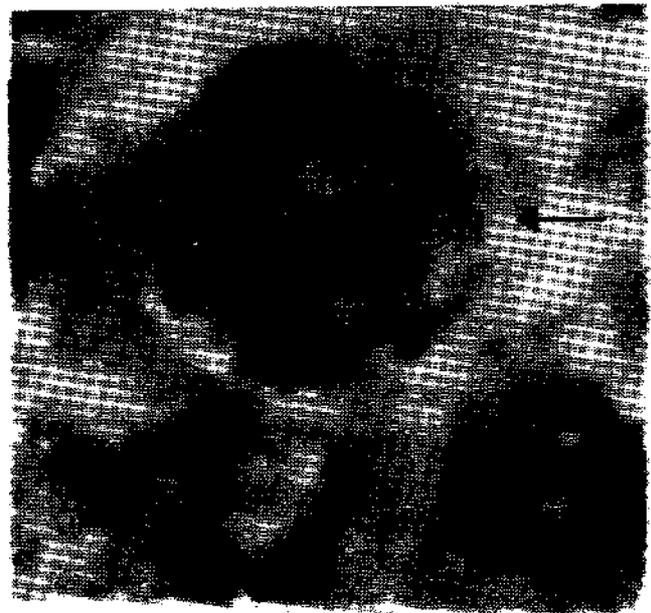


Figura No. 11. Fotomicrografía tomada a espermatoцитo primario en reposo de un túbulo seminífero de testículo de ratón control. Aum 8.300 x.

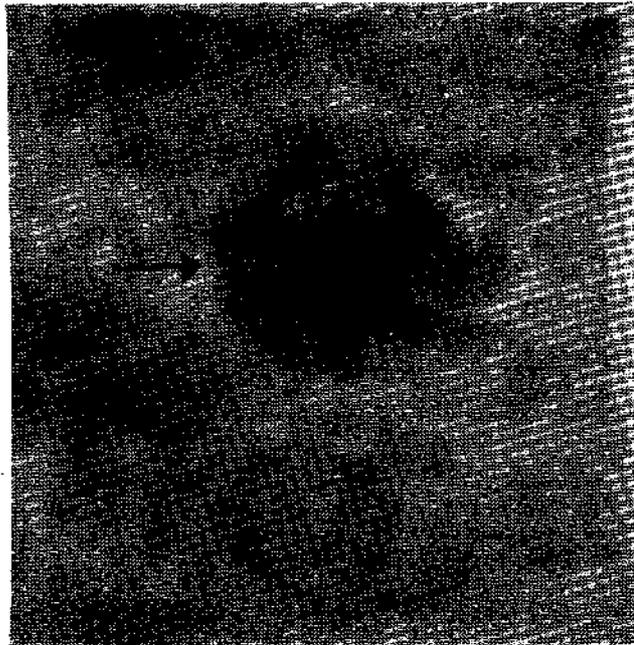


Figura No. 13. Fotomicrografía tomada a un espermatoгония tipo A o intermedio en túbulo seminífero de testículo de ratón control. Aum 8.300 x



Figura No. 14. Fotomicrografía tomada a un espermatogonia tipo B en degeneración en túbulo seminífero de testículo de ratón irradiado. Aum, 8,300 x.

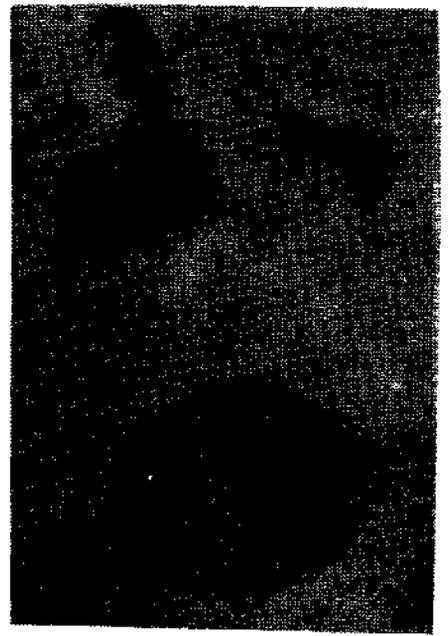


Figura No. 16. Fotomicrografía de un espermatogonia tipo A, se vé en la parte inferior de ésta. Nótese su forma elíptica y oscura. Aum. 12.000 x.



Figura No. 15. Fotomicrografía de túbulo seminífero de testículo de ratón, 26 días después de ser irradiado. Se nota el gran aumento de la luz de los túbulos a causa de la disminución en el número de células. Aum, 480 x.



Figura No. 17. Fotomicrografía de túbulo seminífero de ratón irradiado en estado VII de espermatogénesis, 52 días después de ello. Aum. 4,400 x.

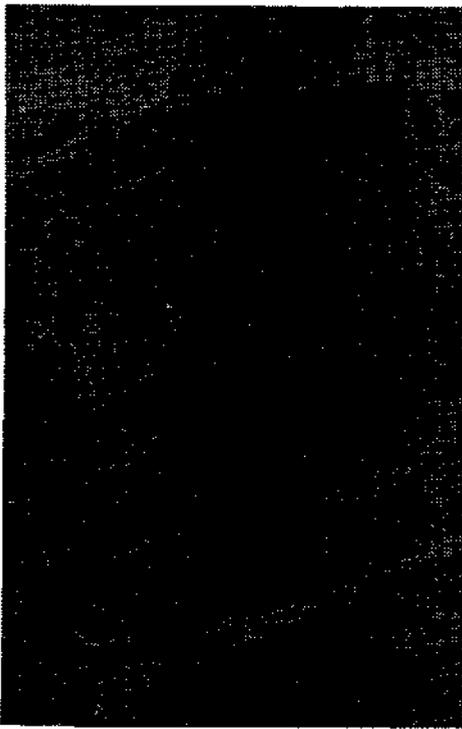


Figura No. 18 Fotomicrografía de túbulo seminífero de testículo de ratón control que fué sacrificado el mismo día que se sacrificó el ratón de 76 días de irradiado. Aum. 4.400 x.

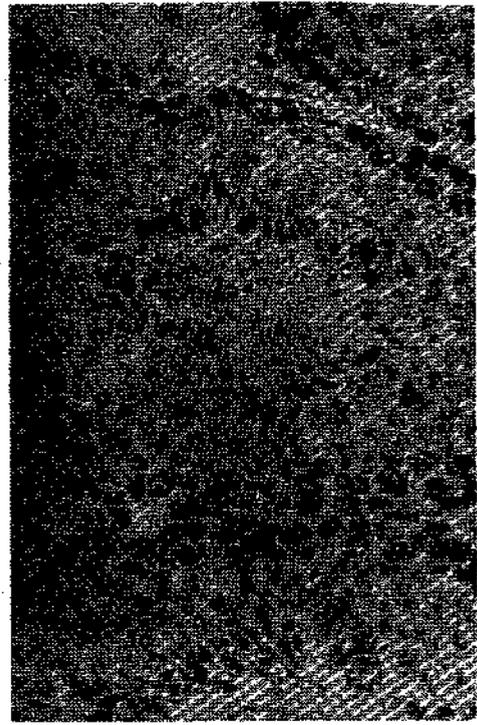


Figura No. 20. Fotomicrografía de túbulo seminífero de testículo de ratón, 76 días después de ser irradiado. Aum. 4.400 x.

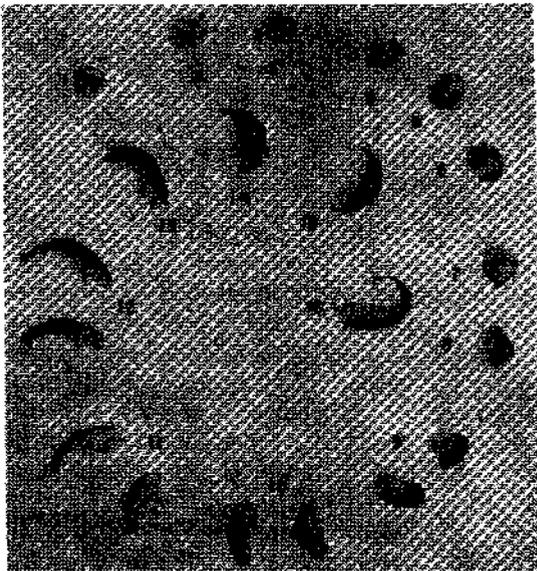


Figura No. 19. Espermiogénesis del ratón tal como se ve con ácido periódico de Schiff y hematoxilina, de testículos fijados en zenker formol. Los dibujos son hechos en espiral, con el fin de mostrar superposición en un ciclo de epitelio del tubo seminífero. Se muestra también la orientación de las espermátidas en relación con la membrana basal. Nótese especialmente el cambio entre los estados IV y VIII. La fase de Golgi es la 3, la fase de Casquete es 4 a 7, la fase de acrosoma es 8 a 12, la fase de maduración es 13 a 16.

Tomado y modificado de Oakker A.m. J. Anat. 99: 391-413.

FIGURA Nº 21

Asociaciones características de células de cada estado del ciclo del epitelio del túbulo seminífero de testículos de ratón.

Estado de Ciclo	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Espermatogonia	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Espermatocito Primario		In	In	In								
Espermatocito Secundario												
Espermátidas (ver Figura 19)												
Primera capa												
Segunda capa												

A	Espermatogonia Tipo A	R	=	Reposo
IN	Espermatogonia Intermedia	L	=	Leptoteny
R	Espermatogonia Tipo B	7	=	Zigotene
M-I	In. división meiótica	P	=	Pachitene
S	Espermatocito secundario	Dip	=	Diplootene
M-II	= 2n, división meiótica	Dia	=	Diplotene

Espermatocitos Primarios

Tomado y modificado de I. Am. Anat. 99: 391-413

BIBLIOGRAFIA

1. ALISON 1968. *Radiation Biology*. Edit. Prentice Hill. Pags. 203 - 208.
2. ARNOLD B. B. 1973. Timing of spermatogenesis in four nonhuman Primate Species. *Fertility and Sterility*. (5).
3. BLAKBURN R. W. 1973. Testicular feminization in the Mouse: Studies of Leydig cell structure and function. *Biology of Reproduction*. 9 : 9 - 23.
4. BRUCE, M.C. 1974. Muerte de células espermatogénicas en el ratón después de una dosis única y fraccionada de rayos X, así como, período de esterilidad y su duración. *Mutation Research*. 25 (1): 53 - 62.
5. BUECHE, F. 1970. *Elementos de Física*. Mac Graw Hill. México pp. 759 - 766.
6. COMISION DE ENERGIA ATOMICA DE ESTADOS UNIDOS 1968. División de Información técnica. Efectos genéticos de las radiaciones Washinton.
7. FERNER, H. *Embriología humana*. Edit. Herder. Barcelona. Pags. 18 26. 1972.
8. GRUNDMANN, E. 1967. *Citología General*. Labor. Barcelona Pág. 231.
9. McMANUS, y R. MOWRY 1968. Técnica Histológica. Edit. Atica. Madrid. Pag. 30.
10. MONESI V. 1961. Study of dna synthesis and the mitotic cycle in spermatogonia of the mouse using tritium labeled thymidine (abstract) *Am. Zool.* 1: 374.
11. MONESI, V. 1962. Autorradiografic stuy of Dna Synthesis the cell cycle in spermatogonia and spermatocitos of mouse testes, using tritiated thymidine. *J. Cell Biol.* 14: 1 - 18.
12. MONESI, V. 1962 Relation between X - ray sensitivity and stages the cell cycle, in spermatogonia of the mouse. *Radiation Research*. 17: 809-839.
13. OAKBERG, F. 1956. A description of spermatogenesis in the mouse and its use in analysis of the cycle of the seminiferous of Anatomy. *Mutation Reserch*. 99: 391 - 415.
14. OAKBERG, F. 1956. Duration of spermatogenesis in the mouse and timing of stages of the cycle of the seminiferous epithelium. *The American Journal of Anatomy*. 99: 507 - 515.
15. OAKBERG, E. I. 1957 Duration of spermatogenesis in the mouse nature 180: 1. 137 - 1.139.
16. SEARLY AND E. V. BUCHEY 1973. Sperm count, egg fertilization and dominant lethality after X irradiation on mice. *Mutation Research*. 22 (1).