

PESO DE LOS ÓRGANOS EN RELACIÓN AL PESO CORPORAL EN RATONES C57Bl/6 y NMRI/UCLA

Weight of Organs in Relation Body Weight in C57Bl/6 and NMRI/UCLA Mice

Mónica María Fuentes Yanez¹ y Ernesto Candela²

¹Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Decanato de Ciencias Veterinarias. Bioterio Central. Unidad de Investigación en Ciencias Funcionales Dr. Haytí Moussatché. Tarabana. Barquisimeto. Venezuela. E-mail: monicafuentes@ucla.edu.ve

²Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Bioterio. Caracas, Venezuela. E-mail: ecandela@ivic.ivic.ve

RESUMEN

Con el objetivo de determinar las diferencias en el peso de los órganos (PO) en relación al peso corporal (PC) entre las cepas de ratones C57Bl/6 y NMRI/UCLA, en ambos sexos y a edad variable y el efecto del sexo, la edad y su combinación sobre el peso de los órganos en relación al PC, se seleccionó una muestra al azar de cada cepa, de ambos sexos y de 3, 5, 7 y 9 semanas de edad. Se determinó el PC y el PO: estómago, ciego, hígado, bazo, riñón izquierdo y derecho, adrenal izquierda y derecha, corazón, pulmones, timo y cerebro. El estómago y ciego fueron lavados con solución fisiológica (0,85%). Se pesó cada órgano en una balanza analítica (0,0001g), estableciendo el PO en relación al PC en porcentaje. Los datos fueron analizados mediante Factorial S x E y prueba Duncan para las diferentes medias. Se determinó diferencias ($P < 0,01$) entre ambas cepas, en relación al efecto de las variables sexo, edad y su combinación sobre el desarrollo de algunos órganos en relación al peso corporal, así como diferencias ($P < 0,01$) entre las medias para ambos sexos y distintas edades de los ratones bajo estudio.

Palabras clave: Ratones, órganos, peso corporal, C57Bl/6, NMRI.

ABSTRACT

In order to determine the differences in organ weight (OW) in relation to body weight (BW) between the C57Bl/6 and NMRI/UCLA strains of mice, with different ages in both sexes, and the effect of sex, age and their combination on organ weight in relation to BW, a sample of each strain, and of both sexes at 3, 5, 7 and 9 weeks of age were selected randomly. The BW was determined and weight of the following organs: stomach, gut, liver, spleen, right and left kidney, right and left adrenal glands, heart, lungs, thymus and brain. The stomach and cecum

were washed in physiological solution (0.85%) before the weight determination. Each organ was weighted on an analytic balance (0.0001g). The weight of each organ related to BW (%) was calculated. The data were analyzed by the Factorial S x A method and the Duncan test for different means. The differences between strains on the effect of the age, sex and their combination was determined in relation to the weight of each organ and to BW and differences ($P < 0.01$) between means of each sex and different ages of the studied groups were observed.

Key words: Mice, organs, body weight, C57Bl/6, NMRI.

INTRODUCCIÓN

El ratón de laboratorio ha sido utilizado en los últimos años como un excelente modelo biológico para la investigación [11]. En estos animales se han desarrollado modelos genéticos para más de 1000 enfermedades humanas, para lo que existen más de 465 cepas consanguíneas y un considerable número de no consanguíneas y mutantes [6], de allí la relevancia de este estudio.

El fenotipo es un componente esencial para el desarrollo de modelos animales y está determinado por una compleja interacción de factores genéticos y ambientales [19], de esta manera el peso corporal y el desarrollo de los órganos en ratones de laboratorio presenta diferencias significativas cuando los animales son producidos en condiciones distintas [7]. Las curvas de crecimiento son importantes, ya que nos revelan los patrones de selección que se han llevado a cabo en el Bioterio de Producción [15]. La selección de los reproductores, tamaño de la camada [18] y hasta características externas como longitud de la cola, pueden influenciar el desarrollo corporal de los ratones producidos, estableciendo amplias diferencias entre los animales incluso dentro de la misma cepa [15]. El sexo y la edad también son variables que afectan de forma individual o combinada el desarrollo de los órganos en estos roedores de laboratorio [2, 8].

En diversos estudios se han reportado diferencias en el desarrollo de los órganos entre cepas, en ambos sexos y a edad variable, como es un aumento con la edad, en el peso del hígado, riñones y pulmón en relación al peso corporal, en la cepa de ratones B6C3F1 [10]; así como también se han detectado diferencias significativas en el desarrollo del bazo entre las cepas C3H y C57Bl, que caracterizan a esta última como modelo para estudio de esplenomegalia [13] y diferencias en el desarrollo del cerebro [14].

La información en relación al desarrollo de los órganos en animales de laboratorio es fundamental para el adecuado uso de estos animales en diversos estudios experimentales [1]. La presente investigación fue realizada con el objeto de determinar las diferencias en el peso de los órganos en relación al peso corporal (PC) entre las cepas de ratones C57Bl/6 y NMRI/UCLA, en ambos sexos y a edad variable, así como también el efecto del sexo, la edad y su combinación sobre el peso de los órganos en relación al PC.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una investigación descriptiva con un diseño de campo longitudinal de evolución de grupo, con el objeto de determinar el peso de los órganos en relación al peso corporal y el efecto de las variables edad y sexo, así como su combinación y las diferencias entre las medias de ambos sexos a distintas edades en ratones C57Bl/6 y NMRI a las 3, 5, 7 y 9 semanas de edad. Para ello se seleccionó una muestra al azar de 20 machos y 20 hembras C57Bl/6 consanguíneos y 20 machos y 20 hembras NMRI producidos convencionalmente en la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA), 5 hembras y 5 machos de cada edad. El tamaño de la muestra se determinó mediante ensayos pilotos previos. Se determinó el peso corporal (PC) antes del sacrificio y se procedió a la necropsia y extracción de los siguientes órganos: estómago, ciego, hígado, bazo, riñón izquierdo y derecho, adrenal izquierda y derecha, corazón, pulmones, timo y cerebro. El estómago y ciego fueron lavados con solución fisiológica (0,85%). Se pesó cada órgano en una balanza analítica (0,0001g). Las pérdidas de peso por evaporación se evitaron con cámaras húmedas, hidratando los órganos con solución fisiológica (0,85%). Se determinó el PC y el peso de cada órgano en relación al PC (%). El tiempo promedio empleado para cada animal, desde la eutanasia, extracción y disección de los órganos fue de 20,367 minutos (DS = 5,997) y 7,067 minutos (DS = 1,6802) para realizar los pesajes. Los datos fueron analizados mediante Factorial S x E y Duncan para las diferentes medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los promedios y desviaciones estándar de los pesos de los órganos en relación al peso corporal, a las 3, 5, 7 y 9 semanas de edad, en ambos sexos y en cada una de las ce-

pas en estudio (TABLAS I y II), se observaron diferencias tanto entre machos y hembras de una misma cepa, como entre los ratones C57Bl/6 y NMRI.

No existen diferencias ($P < 0,01$) en el PC entre los machos y hembras de 3 semanas de edad en los ratones de cada cepa en estudio, sí entre los machos NMRI de 3 semanas y los C57Bl/6 de la misma edad (TABLA III). El PC es menor en los C57Bl/6, observándose una media de 17,12g en los machos C57Bl/6 de 9 semanas y 38,2g en los NMRI (TABLAS I y II). Las hembras de la cepa C57Bl/6 presentan mayor peso corporal que los machos a las 9 semanas mientras que las hembras NMRI son menores ($P < 0,01$) a los machos de su misma cepa. Otros autores [3, 5, 15,18], han obtenido diferencias significativas entre ambos sexos en el peso corporal en distintas cepas de ratones. Rhees y Atchley reportan diferencias altamente significativas entre los 20 a 56 días de edad, siendo este peso mayor en los machos semejante a lo obtenido en los ratones NMRI.

La edad, el sexo y la combinación de ambas variables afectan de forma distinta el peso de algunos órganos en relación a su peso corporal en las cepas en estudio (TABLA IV). El sexo ejerce una influencia altamente significativa ($P < 0,01$) sobre el desarrollo del estómago y del riñón derecho en los NMRI, no así en los C57Bl/6; afecta el peso del bazo solo en los C57Bl/6. La edad afecta de forma individual el desarrollo de todos los órganos en estudio, pero combinada con el sexo en los C57Bl/6 influencia solo sobre el estómago, ciego, riñones, timo y cerebro.

El peso del estómago en relación al peso corporal (PEs/PC) en los ratones NMRI es mayor en las hembras que en los machos después de las 3 semanas de edad (TABLA V) y estas no presentan diferencias ($P < 0,01$) entre las 5, 7 y 9 semanas. El mayor PEs/PC lo expresan las hembras de la cepa C57Bl/6 de 7 semanas, machos de 3 semanas y NMRI de 3 semanas.

Se obtuvo los mayores promedios de peso del ciego en relación al peso corporal (PCi/PC) en los ratones C57Bl/6, siendo mayor en las hembras, sin diferencias ($P < 0,01$) entre las 7 y 9 semanas. Las hembras de la cepa NMRI presentaron un promedio de PCi/PC superior ($P < 0,01$) a los demás grupos de su misma cepa (TABLA V).

No se observó diferencias entre sexo en las dos cepas en estudio en el peso del hígado en relación al peso corporal (PHi/PC), contrario a lo reportado por Kopec [12], quien indica un mayor desarrollo de este órgano en las hembras (TABLA VI). El mayor PHi/PC se obtuvo en los machos C57Bl/6 de 7 semanas.

Los machos C57Bl/6 presentan mayor peso del bazo en relación a su peso corporal (PBa/PC) que las hembras, similar a lo reportado por Simpson y Spears [17], quienes indican que el peso de este órgano es mayor en los machos donde alcanza hasta un 50% más de desarrollo. En los NMRI no se obser-

TABLA I
PROMEDIOS Y DESVIACIONES ESTANDAR DE LOS PESOS DE LOS ÓRGANOS EN RELACIÓN AL PESO CORPORAL (%) EN RATONES C57Bl/6

	Machos								Hembras							
	3 semanas		5 semanas		7 semanas		9 semanas		3 semanas		5 semanas		7 semanas		9 semanas	
	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS
PC (g)	7,200	0,447	16,13	0,451	16,17	2,470	17,07	0,306	7,83	0,058	14,33	2,318	14,90	0,361	19,30	0,300
Estómago	1,049	0,035	0,839	0,115	0,987	0,049	0,775	0,061	0,936	0,004	0,823	0,069	1,141	0,077	0,846	0,081
Ciego	0,914	0,044	1,091	0,135	1,066	0,058	0,727	0,025	0,868	0,038	0,823	0,075	1,165	0,324	1,220	0,023
Hígado	5,093	0,046	6,236	0,351	7,170	0,592	7,272	0,563	4,924	0,192	5,591	0,150	6,357	0,185	6,796	0,445
Bazo	0,920	0,062	0,462	0,028	0,569	0,190	0,552	0,071	0,773	0,040	0,378	0,009	0,373	0,102	0,470	0,037
Riñón Izq.	0,776	0,018	0,638	0,013	0,662	0,066	0,858	0,014	0,737	0,031	0,743	0,080	0,639	0,092	0,654	0,044
Riñón Der.	0,757	0,024	0,650	0,020	0,740	0,122	0,846	0,045	0,841	0,031	0,725	0,062	0,613	0,075	0,666	0,008
Adr. Izq.	0,029	0,005	0,014	0,001	0,028	0,004	0,033	0,004	0,047	0,019	0,025	0,006	0,039	0,012	0,029	0,001
Adr. Der.	0,028	0,008	0,014	0,001	0,026	0,001	0,031	0,004	0,041	0,004	0,020	0,005	0,026	0,009	0,031	0,006
Corazón	0,725	0,025	0,644	0,066	0,647	0,026	0,643	0,092	0,688	0,040	0,546	0,122	0,627	0,059	0,633	0,003
Pulmón	1,353	0,081	0,944	0,047	1,166	0,497	1,020	0,016	1,134	0,058	0,957	0,050	0,976	0,071	0,854	0,012
Timo	0,677	0,041	0,462	0,007	0,436	0,108	0,298	0,029	0,720	0,031	0,653	0,042	0,595	0,024	0,457	0,039
Cerebro	5,156	0,036	2,540	0,119	2,534	0,207	2,270	0,078	4,992	0,060	2,719	0,304	2,661	0,082	2,158	0,013

TABLA II
PROMEDIOS Y DESVIACIONES ESTANDAR DE LOS PESOS DE LOS ÓRGANOS EN RELACIÓN AL PESO CORPORAL (%) EN RATONES NMRI/UCLA

	Machos								Hembras							
	3 semanas		5 semanas		7 semanas		9 semanas		3 semanas		5 semanas		7 semanas		9 semanas	
	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS
PC (g)	11,88	2,419	25,32	3,765	33,44	4,880	38,20	2,441	9,90	0,283	24,10	0,566	26,70	2,967	29,70	1,701
Estómago	1,144	0,094	0,897	0,137	0,863	0,082	0,737	0,099	1,100	0,218	0,937	0,062	0,952	0,121	0,985	0,071
Ciego	0,862	0,096	0,733	0,090	0,882	0,044	0,677	0,060	0,618	0,047	0,905	0,039	1,027	0,126	0,700	0,065
Hígado	5,664	0,777	5,851	0,520	6,550	0,456	6,861	0,362	5,226	0,281	6,760	0,261	6,536	0,311	5,991	0,453
Bazo	0,703	0,114	0,553	0,037	0,578	0,089	0,526	0,093	0,797	0,189	0,680	0,119	0,642	0,019	0,574	0,082
Riñón Izq.	0,782	0,036	0,579	0,165	0,748	0,070	0,737	0,074	0,834	0,036	0,663	0,104	0,586	0,084	0,640	0,037
Riñón Der.	0,818	0,082	0,744	0,077	0,744	0,029	0,878	0,126	0,832	0,065	0,669	0,072	0,604	0,087	0,619	0,049
Adr. Izq.	0,023	0,006	0,019	0,003	0,029	0,007	0,010	0,001	0,028	0,003	0,011	0,001	0,031	0,011	0,027	0,005
Adr. Der.	0,022	0,005	0,015	0,002	0,021	0,010	0,012	0,001	0,029	0,007	0,009	0,001	0,027	0,009	0,091	0,004
Corazón	0,644	0,060	0,602	0,051	0,594	0,037	0,601	0,077	0,772	0,059	0,587	0,062	0,532	0,047	0,566	0,091
Pulmón	1,371	0,189	1,011	0,189	0,727	0,071	0,737	0,045	1,598	0,168	1,052	0,174	0,986	0,176	0,861	0,097
Timo	0,565	0,110	0,481	0,181	0,340	0,051	0,283	0,094	0,754	0,122	0,539	0,099	0,482	0,109	0,299	0,033
Cerebro	3,305	0,542	1,689	0,251	1,326	0,116	1,199	0,046	4,119	0,389	1,863	0,142	1,650	0,241	1,384	0,074

TABLA III
**RESULTADOS DE LA PRUEBA DUNCAN PARA LAS MEDIAS DEL PESO CORPORAL EN LAS CEPAS C57BL/6 Y NMRI,
 EN AMBOS SEXOS Y DIFERENTES EDADES**

Grupos	1	2	3	4	5	6	7	8
C57Bl/6-M-3	7,200							
C57Bl/6-H-3	7,840							
NMRI-H-3	9,900	9,900						
NMRI-M-3		11,880						
C57Bl/6-H-5			14,760					
C57Bl/6-H-7			14,920					
C57Bl/6-M-5			16,140					
C57Bl/6-M-7			16,620	16,620				
C57Bl/6-M-9			17,120	17,120				
C57Bl/6-H-9				19,240				
NMRI-H-5					24,100			
NMRI-M-5					25,320			
NMRI-H-7					26,660			
NMRI-H-9						29,660		
NMRI-M-7							33,440	
NMRI-M-9								38,200

M= machos, H= hembras. 3, 5, 7 y 9 = semanas de edad.

TABLA IV
RESULTADOS DE LOS FACTORIALES SEXO X EDAD EN LAS CEPAS C57BL/6 Y NMRI PARA PESO CORPORAL Y PESO DE LOS ÓRGANOS EN RELACIÓN AL PESO CORPORAL

	Sexo		Edad		Sexo x Edad	
	C57Bl/6	NMRI	C57Bl/6	NMRI	C57Bl/6	NMRI
Peso corporal	**	**	*	**	*	*
estómago	ns	**	**	**	*	*
Ciego	ns	ns	*	**	**	**
Hígado	*	ns	**	**	ns	*
Bazo	**	ns	**	**	ns	ns
Riñón Izquierdo	ns	ns	*	**	**	*
Riñón Derecho	ns	**	*	**	**	*
Adrenal Izquierda	*	**	*	**	ns	**
Adrenal derecha	*	**	**	**	ns	**
Corazón	ns	ns	*	**	ns	**
Pulmón	*	**	*	**	ns	ns
Timo	**	**	**	**	*	ns
Cerebro	ns	**	**	**	*	*

* (P<0,05), ** (P<0,01), ns = diferencias no significativas.

TABLA V
RESULTADOS DE LA PRUEBA DUNCAN PARA LAS MEDIAS DEL PESO DEL ESTÓMAGO Y DEL CIEGO EN RELACIÓN
AL PESO CORPORAL EN LAS CEPAS C57BL/6 Y NMRI, EN AMBOS SEXOS Y DIFERENTES EDADES

Estómago								Ciego								
Grupos	1	2	3	4	5	6	7	Grupos	1	2	3	4	5	6	7	8
NMRI-M-9	0,737							NMRI-H-3	0,618							
C57Bl/6-M-9	0,788	0,788						NMRI-M-9	0,677	0,677						
C57Bl/6-H-5	0,822	0,822	0,822					NMRI-H-9	0,700	0,700						
C57Bl/6-H-9	0,833	0,833	0,833					C57Bl/6-M-9	0,732	0,732	0,732					
C57Bl/6-M-5	0,860	0,860	0,860	0,860				NMRI-M-5	0,733	0,733	0,733					
NMRI-M-7	0,863	0,863	0,863	0,863				C57Bl/6-H-5		0,819	0,819	0,819				
NMRI-M-5		0,897	0,897	0,897				C57Bl/6-H-3			0,961	0,961				
C57Bl/6-H-3			0,936	0,936	0,936			NMRI-M-3			0,862	0,862				
NMRI-H-5			0,937	0,937	0,937			NMRI-M-7				0,882				
NMRI-H-7			0,952	0,952	0,952			NMRI-H-5				0,905	0,905			
NMRI-H-9				0,985	0,985	0,985		C57Bl/6-M-3				0,914	0,914			
C57Bl/6-M-7				0,995	0,995	0,995		NMRI-H-7					1,027	1,027		
C57Bl/6-M-3					1,049	1,049	1,049	C57Bl/6-M-7						1,065	1,065	
NMRI-H-3						1,100	1,100	C57Bl/6-M-5						1,122	1,122	1,122
NMRI-M-3							1,144	C57Bl/6-H-7							1,180	1,180
C57Bl/6-H-7							1,149	C57Bl/6-H-9								1,215

M= machos, H= hembras. 3, 5, 7 y 9 = semanas de edad.

TABLA VI
RESULTADOS DE LA PRUEBA DUNCAN PARA LAS MEDIAS DEL PESO DEL H3GADO Y DEL BAZO EN RELACI3N AL PESO CORPORAL EN LAS CEPAS C57BL/6 Y NMRI, EN AMBOS SEXOS Y DIFERENTES EDADES

Hígado											Bazo								
Grupos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grupos	1	2	3	4	5	6	7
C57Bl/6-H-3	4,967											C57Bl/6-H-7	0,350						
C57Bl/6-M-3	5,093	5,093										C57Bl/6-H-5	0,380	0,380					
NMRI-H-3	5,226	5,226	5,226									C57Bl/6-M-5	0,458	0,458	0,458				
C57Bl/6-H-5		5,612	5,612	5,612								C57Bl/6-H-9	0,462	0,462	0,462				
NMRI-M-3		5,664	5,664	5,664								C57Bl/6-M-7		0,525	0,525	0,525			
NMRI-M-5			5,851	5,851	5,851							NMRI-M-9		0,526	0,526	0,526			
NMRI-H-9				5,991	5,991	5,991						C57Bl/6-M-9			0,536	0,536	0,536		
NMRI-M-7				6,086	6,086	6,086	6,086					NMRI-M-5			0,553	0,553	0,553		
C57Bl/6-M-5				6,157	6,157	6,157	6,157	6,157				NMRI-H-9			0,574	0,574	0,574		
C57Bl/6-H-7					6,388	6,388	6,388	6,388	6,388			NMRI-M-7			0,578	0,578	0,578		
NMRI-H-7						6,536	6,536	6,536	6,536	6,536		NMRI-H-7				0,642	0,642		
C57Bl/6-H-9							6,703	6,703	6,703	6,703	6,703	NMRI-H-5					0,680	0,680	
NMRI-H-5								6,760	6,760	6,760	6,760	C57Bl/6-H-3						0,782	0,782
NMRI-M-9									6,861	6,861	6,861	NMRI-H-3						0,797	0,797
C57Bl/6-M-9										7,169	7,169	NMRI-M-3						0,803	0,803
C57Bl/6-M-7											7,282	C57Bl/6-M-3							0,920

M= machos, H= hembras. 3, 5, 7 y 9 = semanas de edad.

vó diferencias ($P<0,01$) entre sexo, lo que corrobora los trabajos de Kopec [12]. Los C57Bl/6 presentan menores promedios de PBa/PC después de las 3 semanas de edad (TABLA VI).

No se observó claras diferencias entre sexo en el peso del riñón izquierdo en relación al peso corporal (PRiz/PC), lo que coincide con los resultados de Denzer [4], pero sí se detectó diferencias ($P<0,01$) entre ambas cepas en los machos de 7 semanas, 9 semanas, hembras de 3 y 5 semanas (TABLA VII). Se reporta dimorfismo sexual histológico en los riñones de los ratones, pero se desconoce hasta qué punto esto puede influir en el PRiz/PC [17].

En ambas cepas se observó diferencias ($P<0,01$) entre sexos en el peso del riñón derecho en relación al peso corporal (PRd/PC). Semejante a lo reportado por Denzer [4] y Kopec [12] quienes emplearon ratones albinos de diferentes cepas. El mayor PRd/PC se evidenció en los machos de 9 semanas y hembras de 3 semanas. No hay diferencias ($P<0,01$) entre machos y hembras de ambas cepas a las 3 y 5 semanas de edad, sí a las 7 y 9 semanas (TABLA VII).

Se evidenció diferencias entre sexo ($P<0,01$) en el peso de la glándula adrenal izquierda en relación al peso corporal (PGAiz/PC), siendo mayor en los machos NMRI y en las hembras C57Bl/6. Estas últimas presentan el mayor PGAiz/PC a las 3 semanas, con diferencias ($P<0,01$) con las demás medias (TABLA VIII). Se presentó diferencias ($P<0,01$) entre las dos cepas en los machos de 9 semanas y en las hembras de 5 y 3 semanas.

Esta glándula en el feto humano, presenta una corteza suprarrenal que representa un 80% del órgano, pero en los ratones de laboratorio lo que existe es una capa de células corticales que degeneran cuando aumenta la secreción de andrógenos durante la pubertad del macho, cerca de las 5 semanas de edad y durante el primer embarazo de la hembra [9]. En los animales en estudio, se observó en la quinta semana un descenso en el PGAiz/PC más pronunciado en las hembras NMRI y en los machos C57Bl/6.

Semejante a la glándula adrenal izquierda, en la derecha las hembras C57Bl/6 presentan un peso de la glándula en relación al peso corporal (PGAd/PC), mayor ($P<0,01$) a todos los demás promedios estudiados (TABLA VIII). Se observó diferencias significativas entre los machos y hembras C57Bl/6 a las 5 y 3 semanas y mayor desarrollo del órgano en las hembras.

Se evidenció un mayor desarrollo del corazón en relación al peso corporal (PCo/PC) en los ratones C57Bl/6, sin diferencias ($P<0,01$) entre los sexos. En los ratones NMRI se observó un mayor peso del órgano en las hembras (TABLA IX), contrario a lo reportado por Kopec [12].

Con respecto al peso del pulmón en relación al peso corporal (PPu/PC), se observó mayor desarrollo en los machos C57Bl/6, lo que corrobora lo reportado por Kopec [12]; sin embargo, en los ratones NMRI el mayor PPU/PC se presentó en las hembras (TABLA IX).

En la mayoría de los mamíferos, el timo se atrofia en etapas tempranas, cercanas al nacimiento [16], sin embargo en los ratones, este órgano se mantiene desarrollado hasta aproximadamente los 80 días de edad, cuando los animales ya son adultos [7]. En los grupos estudiados se determinó diferencias ($P<0,01$) entre sexo en el peso del timo en relación al peso corporal (PTi/PC), siendo mayor el desarrollo de éste órgano en los machos NMRI y en las hembras C57Bl/6. El PTi/PC es mayor ($P<0,01$) en los NMRI (TABLA X), especialmente en los machos de 3 semanas.

Se detectó diferencias ($P<0,01$) entre ambas cepas en el peso del cerebro en relación al peso corporal (PCe/PC). El desarrollo de éste órgano es superior en los ratones C57Bl/6 y en las hembras de ambas cepas en relación con los machos. En los ratones C57Bl/6 no hay diferencias ($P<0,01$) en el PCe/PC a las 3 semanas de edad, pero sí en los NMRI (TABLA X).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las diferencias entre las cepas en estudio en el desarrollo de algunos órganos deben tomarse en cuenta al momento de seleccionar estos animales para experimentación, principalmente en los casos en que existan diferencias: a) entre sexo, como las observadas en los ratones NMRI, donde las hembras presentan mayor PEs/PC, PCi/PC, PPU/PC y PCe/PC que los machos y estos un mayor PGAiz/PCy PTi/PC que las hembras y las presentadas en la cepa C57Bl/6 donde las hembras muestran mayor PCi/PC, PGAiz/PC, PGAd/PC, PTi/PC y PCe/PC que los machos y éstos mayor PBa/PC y PPU/PC que las hembras de su misma cepa; b) en la influencia del sexo, la edad o su combinación sobre el peso del órgano en relación al peso corporal; c) entre las cepas disponibles para investigación, como las presentadas entre los NMRI y C57Bl/6, donde el PBa/PC y PTi/PC es mayor en los NMRI y el PCo/PC y PCe/PC es mayor en los C57Bl/6, en estos casos debe escogerse la unidad experimental tomando en cuenta la cepa, el peso corporal y el sexo.

Los resultados en algunos casos corroboran los de otros autores, así como contradicen reportes anteriores, es por ello que cada Laboratorio o Bioterio de Producción, debe generar su propia información, los usuarios no generalizar estos datos a otras cepas de ratones o a las mismas producidas en distintas condiciones y así, incrementar la validez interna experimental al evitar el uso de extrapolaciones erróneas.

TABLA VII
RESULTADOS DE LA PRUEBA DUNCAN PARA LAS MEDIAS DEL PESO DEL RIÑÓN IZQUIERDO Y DERECHO EN RELACIÓN
AL PESO CORPORAL EN LAS CEPAS C57BL/6 Y NMRI, EN AMBOS SEXOS Y DIFERENTES EDADES

Riñón Izquierdo						Riñón Derecho							
Grupos	1	2	3	4	5	Grupos	1	2	3	4	5	6	7
NMRI-M-5	0,5786					NMRI-H-7	0,6036						
NMRI-H-7	0,5861					NMRI-H-9	0,6189						
C57Bl/6-M-5	0,6377					C57Bl/6-H-7	0,6299						
NMRI-H-9	0,6399	0,6399				C57Bl/6-M-5	0,6524	0,6524					
C57Bl/6-H-9	0,6440	0,6440				C57Bl/6-H-9	0,6643	0,6643	0,6643				
C57Bl/6-M-7	0,6479	0,6479				NMRI-H-5	0,6686	0,6686	0,6686				
C57Bl/6-H-7	0,6604	0,6604	0,6604			C57Bl/6-H-5		0,7343	0,7343	0,7343			
NMRI-H-5	0,6631	0,6631	0,6631			NMRI-M-7		0,7438	0,7438	0,7438	0,7438		
NMRI-M-9		0,7369	0,7369	0,7369		NMRI-M-5		0,7440	0,7440	0,7440	0,7440		
C57Bl/6-H-3			0,7436	0,7436		C57Bl/6-M-7			0,7545	0,7545	0,7545	0,7545	
NMRI-M-7			0,7481	0,7481		C57Bl/6-M-3			0,7574	0,7574	0,7574	0,7574	
C57Bl/6-H-5				0,7590		NMRI-M-3				0,8178	0,8178	0,8178	0,8178
C57Bl/6-M-3				0,7761	0,7761	NMRI-H-3					0,8317	0,8317	0,8317
NMRI-M-3				0,7822	0,7822	C57Bl/6-H-3						0,8460	0,8460
NMRI-H-3				0,8341	0,8341	C57Bl/6-M-9							0,8564
C57Bl/6-M-9					0,8609	NMRI-M-9							0,8779

M= machos, H= hembras. 3, 5, 7 y 9 = semanas de edad.

TABLA VIII
RESULTADOS DE LA PRUEBA DUNCAN PARA LAS MEDIAS DEL PESO DE LA GLÁNDULA ADRENAL IZQUIERDAY DERECHA EN RELACIÓN
AL PESO CORPORAL EN LAS CEPAS C57BL/6 Y NMRI, EN AMBOS SEXOS Y DIFERENTES EDADES

Glándula Adrenal Izquierda								Glándula Adrenal Derecha						
Grupos	1	2	3	4	5	6	7	Grupo	1	2	3	4	5	6
NMRI-M-9	0,011							NMRI-H-5	0,009					
NMRI-H-5	0,011	0,011						NMRI-M-9	0,012					
C57Bl/6-M-5	0,137	0,137						C57Bl/6-M-5	0,014					
NMRI-M-5		0,019	0,019					NMRI-M-5	0,016	0,016				
NMRI-M-3			0,023	0,023				C57Bl/6-H-5		0,021	0,021			
C57Bl/6-H-5			0,024	0,024	0,024			NMRI-M-7		0,021	0,021			
NMRI-H-9			0,027	0,027	0,027			NMRI-M-3		0,022	0,022	0,022		
C57Bl/6-M-7			0,027	0,027	0,027			C57Bl/6-M-7			0,026	0,026	0,026	
NMRI-H-3			0,028	0,028	0,028	0,028		NMRI-H-7			0,027	0,027	0,027	
NMRI-M-7			0,029	0,029	0,029	0,029		C57Bl/6-H-7			0,028	0,028	0,028	
C57Bl/6-M-3			0,029	0,029	0,029	0,029		C57Bl/6-M-3			0,028	0,028	0,028	
C57Bl/6-H-9			0,029	0,029	0,029	0,029		NMRI-H-9				0,029	0,029	
NMRI-H-7				0,031	0,031	0,031		NMRI-H-3				0,029	0,029	
C57Bl/6-M-9					0,033	0,031		C57Bl/6-H-9					0,030	
C57Bl/6-H-7						0,038		C57Bl/6-M-9					0,032	
C57Bl/6-H-3							0,051	C57Bl/6-H-3						0,040

M= machos, H= hembras. 3, 5, 7 y 9 = semanas de edad.

TABLA IX
RESULTADOS DE LA PRUEBA DUNCAN PARA LAS MEDIAS DEL PESO DEL CORAZÓN Y DEL PULMÓN EN RELACIÓN
AL PESO CORPORAL EN LAS CEPAS C57BL/6 Y NMRI, EN AMBOS SEXOS Y DIFERENTES EDADES

Corazón									Pulmón						
Grupos	1	2	3	4	5	6	7	8	Grupos	1	2	3	4	5	6
NMRI-M-3	0,199								NMRI-M-7	0,594					
NMRI-M-5	0,222								NMRI-M-9	0,601					
NMRI-M-9		0,329							NMRI-M-5	0,602					
NMRI-M-7		0,345							NMRI-M-3	0,644					
NMRI-H-7			0,532						C57Bl/6-H-9		0,851				
C57Bl/6-H-5			0,555	0,555					NMRI-H-9		0,861	0,861			
NMRI-H-9			0,566	0,566					C57Bl/6-H-5		0,951	0,951			
NMRI-H-5			0,587	0,587	0,587				C57Bl/6-M-5		0,953	0,953			
C57Bl/6-M-9				0,626	0,626	0,626			NMRI-H-7		0,986	0,986	0,986		
C57Bl/6-H-9				0,633	0,633	0,633			C57Bl/6-H-7		0,987	0,987	0,987		
C57Bl/6-M-5				0,638	0,638	0,638			C57Bl/6-M-9		1,018	1,018	1,018		
C57Bl/6-H-7				0,639	0,639	0,639			NMRI-H-5			1,052	1,052		
C57Bl/6-M-7					0,653	0,653	0,653		C57Bl/6-M-7			1,053	1,053		
C57Bl/6-H-3						0,696	0,696	0,696	C57Bl/6-H-3				1,146		
C57Bl/6-M-3							0,725	0,725	C57Bl/6-M-3					1,353	
NMRI-H-3								0,772	NMRI-H-3						1,600

M= machos, H= hembras. 3, 5, 7 y 9 = semanas de edad.

TABLA X
RESULTADOS DE LA PRUEBA DUNCAN PARA LAS MEDIAS DEL PESO DEL TIMO Y DEL CEREBRO EN RELACIÓN
AL PESO CORPORAL EN LAS CEPAS C57BL/6 Y NMRI, EN AMBOS SEXOS Y DIFERENTES EDADES

Timo									Cerebro									
Grupos	1	2	3	4	5	6	7	8	Grupos	1	2	3	4	5	6	7	8	9
C57Bl/6-M-9	0,291								NMRI-M-9	0,283								
NMRI-H-9	0,299								NMRI-M-7	0,340								
C57Bl/6-M-7		0,414							NMRI-M-5	0,481								
C57Bl/6-M-5		0,463							NMRI-M-3		0,565							
C57Bl/6-H-9		0,465							NMRI-H-9			1,384						
NMRI-H-7		0,482	0,482						NMRI-H-7				1,650					
NMRI-H-5		0,539	0,539	0,539					NMRI-H-5					1,863				
C57Bl/6-H-7			0,597	0,597	0,597				C57Bl/6-H-9						2,155			
C57Bl/6-H-5				0,656	0,656	0,656			C57Bl/6-M-9						2,254			
C57Bl/6-M-3					0,677	0,677			C57Bl/6-M-7							2,507		
C57Bl/6-H-3						0,726			C57Bl/6-M-5							2,536		
NMRI-M-7						0,727			C57Bl/6-H-7							2,653		
NMRI-M-9						0,737			C57Bl/6-H-5							2,665		
NMRI-H-3						0,754			NMRI-H-3								4,119	
NMRI-M-5							1,011		C57Bl/6-H-3									5,004
NMRI-M-3								1,371	C57Bl/6-M-3									5,156

M= machos, H= hembras. 3, 5, 7 y 9 = semanas de edad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BENNET, B.; BROWN, M.; SCHHOFIELD, J. Elementos esenciales para investigación animal, una guía para la investigación personal. **Centro de información de bienestar animal**. Biblioteca Nacional de Agricultura. 2^{da} edición. Maryland. Estados Unidos. 100pp. 2000.
- [2] BERGMANN, P.; MILITZER, K.; SCHMIDT, P.; BUTTNER, D. Sex differences in age development of a mouse inbred strain: body composition adipocyte size and organ weights of liver heart and muscles. **Lab. Anim.** 29(1):102-109. 1995.
- [3] BÜNGER, L.; REMUS, N.; ROSCHLAU, D. Selection for different growth parameters in laboratory mice and its correlated effect on body composition and organ weights. **Nahrung**. 29: 549-560. 1985.
- [4] DENZER, H. Masse und Gewichte zur vergleichenden Anatomie und Histologie der Vertebraten-Niere. En: Webster H. y Liljegren E. 1955. Organ: body-weight ratios for certain organs of laboratory animals. **Am. J. Anat.** 97: 129-153. 1938.
- [5] ERNST, C.; CRENSHAW, P.; ATCHLEY, W. Effect of long-term early postnatal growth rate selection on survival and prenatal development of transferred mouse embryos. **J. Reprod. Fertil.** 118:205-210. 2000.
- [6] FESTING, M. **Index International of the Laboratory Animals**. Manufactured in the United States of American. Varick Streed. New York. 250pp. 1995.
- [7] FUENTES, M. Efecto de la edad y el sexo sobre el peso de los órganos en relación al peso corporal en ratones NMRI/UCLA. **Gaceta Cs. Vet.** 6(1):4-16. 2000.
- [8] FUENTES, M.; CANDELA, E.; RAMÍREZ, F. Correlación entre Peso Promedio/Día y Tamaño de la Camada en Ratones NMRI/UCLA. Comparación de los Pesos Promedios/Día entre la Cepa NMRI-IVIC y NMRI-UCLA a 21 Días de Edad. **III Jornadas Internas de Investigación. Decanato de Ciencias Veterinarias**. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Barquisimeto. Venezuela, 27 al 29 de septiembre. 73-74 pp. 1995.
- [9] GANONG, W. **Fisiología Médica**. 16ava Ed. Manual Moderno. Mexico. 660pp. 1998.
- [10] IWATA, H.; HAGIWARA, T.; KATOH, M.; YAMAMOTO, S.; YAMAKAWA, S.; SIGA, A.; HIROUCHI, Y.; KOBAYASHI, K. INOUE, H.; ENOMOTO, M. Historical control data of organ weight and gross findings in F344/DuCrJ rats and B6C3F1 mice. **Jikken Dobutsu**. 42:383-96. 1993.
- [11] JACOBY, R. Engaging mouse genes in motion. **Lab. Anim. Sci.** 49 (2): 134. 1999.
- [12] KOPEC, S. Geschlechtsunterschiede, asymmetrien und variabilität der gewichte der inneren organe und einiger knochen bei 252 tage alten mäuse. **Zool. Jahrb Abt allg Zool. und Physiol. Tiere**. 59:73-88. 1938.
- [13] MANNING, K.; McDONALD, T. C3h mice have larger spleens lower platelet counts and shorter platelet life-spans than C57Bl mice: an animal model for the study of hypersplenism. **Exp. Hematol.** 25(10):1019-24. 1997.
- [14] POPOVA, N.; POLETAEVA, I.; ASAUROVA, N. Selection of mice for brain weight. **Genetika**. 33(3):413-416. 1997.
- [15] RHEES, B.; ATCHLEY, W. Body weight and tail length divergence in mice selected for rate of development. **J. Exp. Zool. (Mol. Dev. Evol.)** 288:151-164. 2000.
- [16] SHIVELY, M. **Anatomía Veterinaria básica, comparativa y clínica**. Ed. Manual Moderno. México. 391pp. 1983.
- [17] SIMPSON, L.; SPEARS G. The Relationship of organ weight, body weight and age in mice. **Am. J. Anat.** 137:209-214. 1973.
- [18] TIMON, V.; EISEN, E. Comparison of growth curves of mice selected and unselected for postweaning gain. **Theor. Appl. Genet.** 36:345-351. 1969.
- [19] WOOD, P. Phenotype assessment: are you missing something? **Lab. Anim. Sci.** 50(1):12-15. 2000.