

Algunas repercusiones del consumo de etanol sobre la composición corporal de minerales en la rata

M.^a P. Vaquero, M.^a P. Navarro y R. Conde

Instituto de Nutrición
Facultad de Farmacia
Universidad Complutense
Madrid-3 (España)

(Recibido el 16 de junio de 1983)

M.^a P. VAQUERO, M.^a P. NAVARRO and R. CONDE. *Some Repercussions of Ethanol Consumption on Mineral Body Composition in the Rat*. Rev. esp. Fisiol., 40, 95-102. 1984.

The influence of consumption of increasing ethanol solutions of 5, 7.5 and 10 %/99.5 % (v/v), on total body mineral composition, but particularly the ethanol effect on the contents of Ca, P, Mg, Zn, Na and K, for eight weeks was studied in the adult rat.

Both females and males voluntarily lower their liquid intake when daily ethanol ingestion is about 1.4 and 1.7 g, respectively. These ethyl ingestions introduce some modifications in male body composition, but not in females, with an increase in the relative water content and a decrease of the carcass dry substance. The latter would be the main reason for the decrease in male body content of Ca, P, Zn, Mg and K, at least from the 7.5 % v/v solution. Ca, P and Zn seem to be the most modified elements.

Likewise, there are negative influences regarding Na, but they are not clearly evidenced until ethanol consumption reaches 1.9 g per day.

Female body weight did not undergo any change, under any tested experimental conditions or their body ashes suffer any deterioration.

Key words: Ethanol, Ca, P, Mg, Na, K, Zn, Body Mineral Composition.

La energía del alcohol, si no sobrepasa un límite no muy bien establecido, puede ser utilizada por los organismos. No obstante, se conocen también consumos que llegan a afectar la situación nutritiva y la fisiología normal de los individuos, provocando, en muchos casos, deficiencias nutricionales, por una influencia negativa sobre la ingesta de alimento, interfiriendo en la utilización de los nutrientes a nivel

digestivo, o por alteración de diferentes vías metabólicas (13, 17). En este sentido la proteína y algunos minerales pueden sufrir serias modificaciones, incluso con retrasos del crecimiento en periodos vulnerables (14, 15) o cambios en la composición corporal, fenómeno éste al que contribuyen también ciertos desequilibrios electrolíticos y/o alteraciones en la retención de agua (2, 7, 9, 13, 15, 16).

De ahí que sobre las premisas anteriores, e incluido en una línea de investigación más amplia que trata de buscar información sobre la frontera entre los efectos beneficiosos y perjudiciales del alcohol, se diseñara el presente trabajo, cuyo objetivo concreto ha sido conocer la influencia del consumo de soluciones crecientes de etanol sobre la composición corporal de minerales, en particular sobre los contenidos de Ca, Mg, P, Na, K y Zn en la rata adulta.

Material y métodos

48 ratas Wistar adultas de 175 g y 248 g de peso inicial medio, hembras y machos respectivamente, se agruparon en 4 lotes para cada sexo según la fuente de bebida suministrada.

Los animales se alojaron en células individuales de metabolismo, situadas en una cámara termorregulada a $21 \pm 2^\circ \text{C}$.

El alimento, consumido *ad libitum*, consistió en una dieta comercial de laboratorio para todos los grupos con la siguiente composición en % de la sustancia seca: proteínas, 19,86; extracto etéreo, 2,90; fibra bruta, 4,50; M.E.L.N., 66,79; cenizas, 5,95; Ca, 0,62; Mg, 0,14; P, 0,53; Na, 0,10; K, 0,69; Zn, 0,007.

Como fuente de bebida se empleó agua desionizada para un grupo de machos y

otro de hembras considerados como controles, y para los tres lotes restantes de cada sexo las soluciones de etanol (99,5% v/v) al 5, 7,5 ó 10 % v/v que se administraron durante un período experimental de 8 semanas, transcurrido dicho tiempo, se sacrificó a los animales para el estudio de la carcasa.

En el experimento se controló: ingesta sólida y líquida, evolución ponderal y composición de la carcasa en agua y minerales.

Después de separar el hígado y la piel, se analizaron en la carcasa: agua, sustancia seca y minerales totales, según las técnicas de la A.O.A.C. (1). En las cenizas obtenidas se determinaron Ca, Mg, Na, K y Zn, mediante espectrofotometría de absorción atómica en un aparato Perkin-Elmer 420, utilizando La al 0,5 % para evitar interferencias en los casos de Ca y Mg. El P se evaluó por fotolorimetría (1).

Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente utilizando las técnicas de la «t» de Student, correlación y análisis de covarianza.

Resultados

A lo largo del ensayo los machos y las hembras de los distintos grupos mantu-

Tabla I. *Ingesta sólida y líquida*

Resultados de 8 grupos de ratas adultas, 4 de machos y 4 de hembras, correspondientes a la ingesta media de 56 días en que estuvieron sometidas a las distintas fuentes de bebida.

Fuente de bebida	MACHOS			HEMBRAS		
	Bebida (ml/día)	Etanol (g/día)	Alimento (g/día)	Bebida (ml/día)	Etanol (g/día)	Alimento (g/día)
Agua	29,1 $\pm$ 0,9 ^a	—	23,0 $\pm$ 0,7 ^a	25,8 $\pm$ 1,9 ^a	—	17,8 $\pm$ 0,2 ^a
S. Etanol (5%)	27,0 $\pm$ 1,3 ^a	1,06 $\pm$ 0,05 ^b	19,0 $\pm$ 0,4 ^b	26,3 $\pm$ 2,0 ^a	1,03 $\pm$ 0,08 ^b	14,8 $\pm$ 0,5 ^b
S. Etanol (7,5%)	28,6 $\pm$ 2,1 ^a	1,69 $\pm$ 0,12 ^c	19,7 $\pm$ 0,4 ^b	24,0 $\pm$ 2,5 ^a	1,41 $\pm$ 0,15 ^c	13,9 $\pm$ 0,3 ^b
S. Etanol (10%)	24,5 $\pm$ 0,6 ^b	1,92 $\pm$ 0,05 ^c	18,8 $\pm$ 0,7 ^b	19,2 $\pm$ 1,2 ^b	1,50 $\pm$ 0,09 ^c	13,4 $\pm$ 0,4 ^b

Los valores en todos los casos son la media $\pm$ E.S. de 6 animales. Índices distintos señalan diferencias significativas entre grupos, mínimo nivel $p < 0,05$.

Tabla II. Sustancia seca y agua en la carcasa de los machos.

Resultados obtenidos después de que cada grupo de animales tomara su bebida correspondiente durante un periodo experimental de 56 días.

Fuente de bebida	Sust. seca (g)	Agua	
		Total (g)	%
Agua	82,2±1,6	180,3±5,2	68,6±0,6
S. Etanol (5%)	70,4±1,4**	170,6±4,3	71,1±0,6*
S. Etanol (7,5%)	75,4±2,1*	176,2±3,4	70,0±0,4
S. Etanol (10%)	70,2±4,6*	174,4±8,2	71,4±0,8*

Los valores en todos los casos son la media ± E.S. de 6 animales.
*p < 0,05, **p < 0,01, respecto a los que beben agua.

vieron un consumo de líquido aproximado y en torno a 28 y 25 ml diarios respectivamente, a excepción de los animales que tomaban la solución más concentrada, en cuyo caso y en ambos sexos descendió significativamente la cantidad de líquido bebido (tabla I). De tal manera que el etanol consumido por las ratas que bebían las soluciones de 5 y 7,5 % v/v se incrementó paralelamente a la concentración de la solución alcohólica ofrecida por el contrario, en los dos lotes del 10 % la cantidad global diaria no difirió significativamente de la de los correspondientes animales del grupo anterior.

La ingesta alimentaria de las ratas sometidas a las diferentes soluciones alcohólicas no mostró grandes variaciones entre sí, pero fue inferior significativamente que la de sus controles de igual sexo que bebían agua. Aún así, el peso final alcanzado en todos los grupos no difirió significativamente del de sus respectivos controles. No obstante, aunque el etanol no repercutió de forma negativa clara sobre este parámetro, en los machos introdujo una alteración corporal, de forma que al desglosar el peso de la carcasa en sustancia seca y agua (tabla II), se observa una disminución significativa de la primera, mientras que la cantidad de

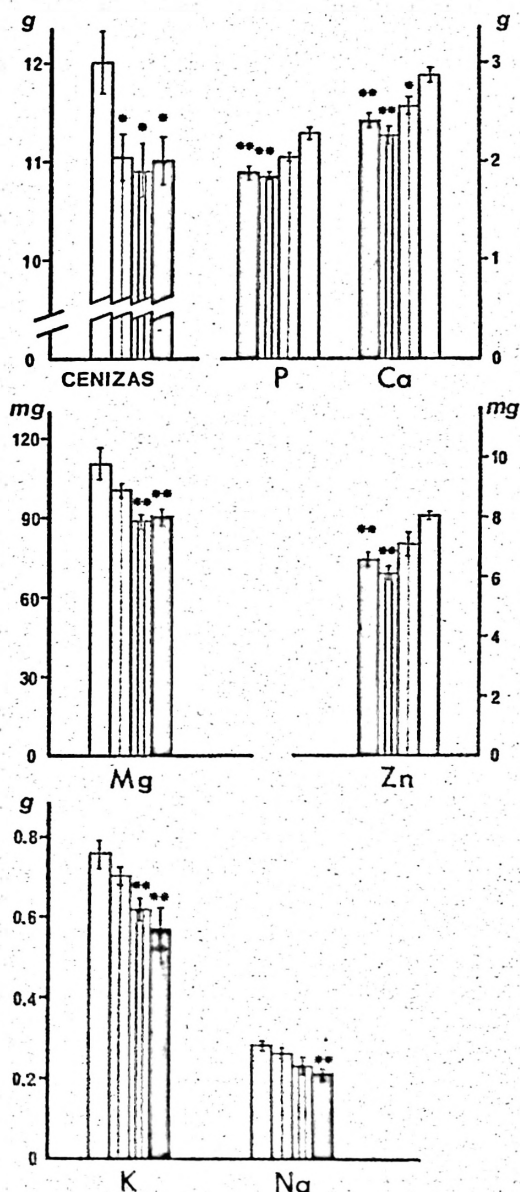


Fig. 1. Efecto del etanol sobre los minerales corporales (cenizas, calcio, fósforo, magnesio, zinc, potasio y sodio) de ratas machos sometidas a distintos tipos de bebida.

Fuente de bebida durante 56 días de ensayo: □ agua; ▒ solución de etanol 5% v/v; ▒▒ solución de etanol 7,5 % v/v; ▒▒▒ solución de etanol 10 % v/v. Los valores son la media ± E.S. de 6 animales, *p < 0,05, **p < 0,01 respecto a los controles.

Tabla III. *Contenido de minerales por gramo de carcasa seca en los machos.*
Resultados obtenidos después de que cada grupo de animales tomara su bebida correspondiente durante un período experimental de 56 días.

Fuente de bebida	Cenizas (g)	Ca (mg)	P (mg)	Mg (mg)	Zn (μg)	Na (mg)	K (mg)
Agua	0,15 ± 0,00	35,1 ± 1,3	27,2 ± 0,8	1,34 ± 0,07	98 ± 3	3,35 ± 0,15	9,14 ± 0,44
S. Etanol (5%)	0,16 ± 0,01	35,3 ± 0,9	29,6 ± 0,9	1,42 ± 0,06	102 ± 8	3,73 ± 0,24	10,06 ± 0,41
S. Etanol (7,5%)	0,14 ± 0,00	30,5 ± 1,5*	23,8 ± 0,9*	1,18 ± 0,07	82 ± 4**	3,08 ± 0,28	8,22 ± 0,43
S. Etanol (10%)	0,16 ± 0,01	34,6 ± 2,1	26,2 ± 2,4	1,30 ± 0,07	97 ± 5	3,08 ± 0,28	8,16 ± 0,52

Los valores en todos los casos son la media ± E.S. de 6 animales

*p < 0,005 **p < 0,01, respecto a los que beben agua

Tabla IV. *Contenido de minerales por gramo de carcasa seca en las hembras.*
Resultados obtenidos después de que cada grupo de animales tomara su bebida correspondiente durante un período experimental de 56 días.

Fuente de bebida	Cenizas (g)	Ca (mg)	P (mg)	Mg (mg)	Zn (μg)	Na (mg)	K (mg)
Agua	0,15 ± 0,01	41,1 ± 2,8	25,1 ± 1,7	1,42 ± 0,10	98 ± 6	3,32 ± 0,22	8,34 ± 0,49
S. Etanol (5%)	0,15 ± 0,00	41,0 ± 1,1	25,8 ± 0,3	1,37 ± 0,05	96 ± 5	3,38 ± 0,12	7,85 ± 0,27
S. Etanol (7,5%)	0,15 ± 0,00	44,1 ± 1,3	27,0 ± 1,0	1,32 ± 0,05	104 ± 4	3,29 ± 0,30	8,07 ± 0,81
S. Etanol (10%)	0,15 ± 0,00	42,3 ± 1,5	26,9 ± 1,0	1,34 ± 0,06	105 ± 7	3,23 ± 0,11	7,89 ± 0,48

Los valores corresponden en todos los casos a la media ± E.S. de 6 animales. Diferencias no significativas.

agua no se modifica y por ello, relativamente, el contenido hídrico de las carcasas de los machos que toman alcohol es superior al de los que beben agua.

Bajo los efectos del etanol y tal como se aprecia en la figura 1, las cenizas corporales de los machos experimentaron una disminución pequeña pero significativa. Asimismo sus cuerpos se deplecionaron de Ca, P, Mg, Zn y K en los dos grupos que bebieron las soluciones del 7,5 y 10 % v/v, mientras que el Ca comenzó a afectarse con la solución más diluida. Por el contrario, el descenso corporal de Na no se manifestó hasta que los animales consumieron la solución del 10 %.

En las hembras, los minerales corporales no variaron en ninguno de los lotes, ni siquiera en las que tomaron una ingesta alcohólica de 1,5 g de etanol por día (tabla IV) siguiendo una tónica similar al peso, que tampoco se modificó en este sexo, o a la proporción agua/materia seca de la carcasa que igualmente permaneció estable.

Discusión

La disminución de la ingesta líquida que se produce en los grupos de animales de ambos sexos con la solución etílica más concentrada, probablemente sea debida a su contenido alcohólico, ya que como indican SEGOVIA-RIQUELME *et al.* (12) se trabaja con unas concentraciones en que el alcohol puede ser detectado y no son tan altas como para que sea la necesidad del líquido el condicionante.

De acuerdo con esta tónica de bebida voluntaria, las ratas ajustan su ingesta alcohólica a niveles diferentes según los sexos, estabilizándose las hembras en valores algo inferiores a los de los machos que recibían la misma solución (tabla I), de forma que las que bebían la solución más concentrada mantuvieron su consumo etílico ligeramente por debajo del de los machos a los que se les suministraba la del 7,5 %.

Para entender este comportamiento en su totalidad convendría señalar al respecto que la cantidad de agua bebida por las hembras fue también algo inferior a la de los machos, pero además, según se describe en la bibliografía (12, 18), los estrógenos inciden negativamente sobre el consumo de alcohol provocando una cierta aversión hacia él, por lo que ambos hechos redundarían en que la ingesta de etanol diaria de las hembras fuera inferior a la de los machos y que aquéllas no alcanzaran nunca, en nuestras condiciones experimentales, los valores más altos que éstos presentaron cuando se les ofrecía la solución del 10 % v/v ni incluso la del 7,5 % v/v.

Debe señalarse además que los machos comenzaban a disminuir la bebida cuando el consumo diario se acercaba a 1,7 g de alcohol, mientras que las hembras la disminuyeron antes (1,4 g por día); lo que, de acuerdo con las calorías de origen alimentario, en nuestras condiciones experimentales supone un 14,4% de las calorías ingeridas y, en las hembras, el 15,6 % de las mismas.

Como se ha observado en otros ensayos (14, 15), el régimen alcohólico repercute negativamente sobre la ingesta sólida, produciendo una disminución en el alimento consumido a diario, que en las hembras está algo más relacionada con la cantidad de alcohol ingerida y que no llega a afectar de forma visible ni al peso ni a la composición corporal, probablemente porque la cifra de etanol consumida por ellas fue menor y su energía todavía bien utilizada. En los machos, sin embargo, la materia corporal seca sí se ve mermada, aunque a nivel del peso no aparezcan modificaciones claras, seguramente por el incremento relativo del agua corporal, lo que concuerda con las descripciones de numerosos autores (10, 13, 16), referentes a la aparición de edemas y trastornos del equilibrio hídrico en consumos crónicos de alcohol.

El contenido total de minerales, que

expresado como cantidad de cenizas supone aproximadamente un 3,5 % del cuerpo total de la rata, coincidiendo con los valores de MAYNARD *et al.* (6), en los machos que bebían las soluciones alcohólicas disminuye de forma no proporcional a la concentración de la solución ofrecida ni tampoco a la cantidad de etanol efectivamente consumida por los animales, sino que en los tres grupos supone una reducción que oscila en torno al 8,5 % de sus cenizas totales, y que en principio puede relacionarse con la suave pérdida de peso final que parece apuntarse en estos animales, más en concreto con el ya aludido empobrecimiento en sustancia seca de sus carcasas, pero no con un fenómeno intenso de desmineralización específica, ya que la relación cenizas totales a sustancia seca (tabla III) se mantiene en todos los casos.

Esa merma en las cenizas corporales conlleva que al ser el Ca componente mayoritario, su cuantía se vea ya reducida incluso con la menor ingesta etílica. Por el contrario, el que el descenso de Na no se manifieste hasta que los animales consumen la solución del 10 % se entendería porque sobre este elemento, además de la disminución de la carcasa seca que puede explicar los principales cambios en el conjunto de minerales, podría estar influyendo también el exceso de agua retenida en el organismo, el cual, como señalan PONTICELLI y MONTAGNINO (10) y SARGENT *et al.* (11), se acompañaría a la vez de una retención extra de Na, que podría compensar en parte y enmascarar el efecto del etanol sobre la sustancia seca global. En este sentido, algunos autores (11, 13) mencionan incluso retenciones incrementadas de Na.

A este detrimento de minerales en el cuerpo tal vez contribuya también una cierta depleción selectiva que se apunta para el Ca, P y Zn en las ratas que bebieron más etanol (tabla III), que estaría en la línea de las osteoporosis humanas concomitantes al alcoholismo (2).

Por todo ello, nos parece que, entre los elementos estudiados, Ca, Zn y P son los más afectados por la acción del etanol en la rata macho, al menos cuando su ingesta se aproxima al 1,7 g por día. Lo que sugiere que el tejido óseo debe de haber sufrido de modo especial las consecuencias negativas del alcohol en el organismo, pudiendo, como indican PENG *et al.* (9), llegar a disminuir la densidad del hueso.

En la rata hembra, el análisis pormenorizado de la composición en cada uno de los elementos estudiados indica que bajo la influencia del etanol su cuerpo no se empobrece en ninguno de ellos, tanto si se expresan en valor absoluto o como concentración de la carcasa. Al comparar tales resultados con la depleción inorgánica ocurrida en los machos podría pensarse que, puesto que a todos los animales se les suministraron las mismas soluciones, el organismo de las hembras es menos sensible a la acción del etanol, respecto a lo cual la bibliografía tampoco se muestra concluyente. Sin embargo, aunque las condiciones experimentales fueron las mismas para los dos sexos, las hembras voluntariamente bebieron menos, de forma que su ingesta alcohólica media por día se mantuvo, incluida la del último grupo, numéricamente por debajo de la de los machos que tomaron la solución etílica al 7,5 %, que es precisamente el nivel donde en ellos se aprecia una clara influencia del alcohol. Por ello, sin descartar que diferencias intersexuales en la farmacocinética del etanol pudieran repercutir de modo diverso, pensamos que la inferior ingesta etílica debe de ser causa, parcial al menos, de la ausencia de efecto observada en las hembras.

Resumen

Se estudia la influencia del consumo de soluciones crecientes de etanol (99,5 % v/v): 5, 7,5 y 10 % v/v, sobre la composición corporal global de mine-

rales de la rata adulta y, en particular, su efecto sobre los contenidos de Ca, P, Mg, Zn, Na y K durante un período de 8 semanas.

Tanto las hembras como los machos disminuyen voluntariamente su ingesta líquida cuando el alcohol consumido por día se aproxima al 1,4 y 1,7 g de etanol respectivamente. Estas ingestas etílicas en los machos, pero no en las hembras, introducen modificaciones en la composición corporal con aumento de la humedad relativa y disminución de la sustancia seca de la carcasa, y esta última sería la razón fundamental de que en los machos, al menos a partir de los que consumen la solución del 7,5 %, se produzca una disminución del contenido corporal de Ca, P, Zn, Mg y K, pareciendo ser los tres primeros, los elementos más afectados.

Sobre el Na existen asimismo influencias negativas, pero no se evidencian claramente hasta que el etanol consumido por día no alcanza 1,9 g.

Bajo ninguna de las condiciones experimentales ensayadas se altera el peso de las hembras ni se deterioran sus cenizas corporales.

Bibliografía

1. Association of Official Analytical Chemist. Official methods of analysis (12.^a ed.), A.O.A.C., Washington, 1975.
2. BARAN, D. T., TEILTELBAUM, S. L., BERGFELD, M. A., PARKER, G., CRUVANT, E. M. y AVIOLI, L. V.: *Am. J. Physiol.*, 338, (Endocrinol. Metab., 1), E 507 - E 510, 1980.
3. DE CASTELLARNAU, C., MORETO, M. y BOLUFER, J.: *Rev. esp. Fisiol.*, 35, 321-326, 1979.
4. DAWSON, D. C. y COOKE, A. R.: *Fed. Proc.*, 39, 541, 1980.
5. LIEBER, D. S.: *Fed. Proc.*, 26, 1443, 1967.
6. MAYNARD, L. A., LOOSLI, J. K., HINTZ, H. F. y WARNER, R. G.: *Animal Nutrition* (7.^a ed.). McGraw-Hill Inc., Nueva York, 1979.
7. MEZEY, E., POTTER, J. J. y MERCHANT, C. R.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 32, 25-29, 1979.
8. NAVARRO, M.^a P., ANDUJAR, M.^a M. y VARELA, G.: II Congreso de Ciencias Fisiológicas, Barcelona, 1977, p. 134.
9. PENG, T. CH., CRESHAW, M. A., GARNER, S. C. y FRYE, G. D.: *Fed. Proc.*, 40, 920, 1981.
10. PONTICELLI, C. y MONTAGNINO, G.: En «Metabolic effects of alcohol» (Avogaro, P., Sirtori, C. R. y Tremori, E., eds.). Elsevier/North Holland Biomedical Press, Amsterdam, 1979, pp. 365-375.
11. SARGENT, W. Q., SIMPSON, J. R. y BEARD, J. D.: *Tox. App. Pharmacol.*, 51, 303-310, 1979.
12. SEGOVIA-RIQUELME, N., VARELA, A. y MARDONES, J.: En «Biological basis of alcoholism» (Israel, Y. y Mardones, J., eds.). Wiley, Inc., Nueva York, 1971, pp. 229-334.
13. SHAW, S. y LIEBER, C. S.: En «Human Nutrition» (Hodges, R. E., ed.). Plenum Press, Nueva York, 1979, Vol. 4, pp. 293-328.
14. SHOREY, R. L., TERRANELLA, P. A. y SHIVE, W.: *J. Nutr.*, 107, 614-620, 1977.
15. VARELA, G., NAVARRO, M.^a P. y ANDUJAR, M.^a M.: *Biblitica. Nutr. Dieta.*, 30, 139-160, 1981.
16. WADSTEIN, J. y OHLIN, H.: En «Metabolic effects of alcohol» (Avogaro, P., Sirtori, C. R. y Tremori, E., eds.). Elsevier/North Holland Biomedical Press, Amsterdam, 1979, pp. 357-364.
17. WILSON, A. y HOYUMPA, A. M.: *Gastroenterology*, 76, 388-403, 1979.
18. ZEINER, A. R. y KEGG, P. S.: *Karger Gazette, Basilea*, 42, 4-5, 1981.

