

Efecto antipelagroideo del "mote" de maíz de trigo*

M. A. TAGLE, D. BALLESTER Y G. DONOSO
Universidad de Chile. Escuela de Salubridad. Centro de Investigaciones
de la Nutrición.

INTRODUCCION

En la etiología de la pelagra el aporte de niacina y/o triptófano de la dieta juega un rol fundamental (1). El maíz no sólo contiene cantidades bajas de estos nutrientes, sino que gran parte de la niacina presente se encuentra en forma combinada, de tal manera que no es utilizable para algunos animales (2-5) y probablemente tampoco lo sea para el hombre (5).

El consumo de maíz como elemento básico va asociado frecuentemente a una alta prevalencia de pelagra (2). Existen regiones, sin embargo, en las que la población se alimenta con dietas que contienen hasta un 80% de maíz y la incidencia de esta enfermedad es baja (6). Dos hechos pueden explicar este fenómeno: el empleo simultáneo de otros alimentos que aportan suficiente niacina y/o triptófano y el uso de preparaciones culinarias que modifican el valor nutritivo del maíz (6-13). Así, por ejemplo, la "tortilla", de gran aceptación en Méjico y Centro-América, se confecciona con maíz sometido a tratamiento alcalino y cocción, proceso que libera la niacina de su forma combinada y la hace utilizable (9) (11) (12) (13).

* "Mote": Producto de difundido consumo en Chile. Se obtiene tratando maíz o trigo con hidróxido de sodio en solución acuosa.

La base de la alimentación en las poblaciones que habitaron gran parte del Ecuador, Perú, Bolivia, noroeste de Argentina y norte de Chile era el maíz. Se puede decir entonces que las civilizaciones que florecieron en estas regiones fueron "civilizaciones del maíz" al igual que las de Méjico y Centro-América. La dieta de estos pueblos era pobre en proteínas de origen animal; estaban dadas, así, las dos condiciones más importantes para que la incidencia de pelagra fuera alta.

Resulta interesante constatar el hecho de que, tanto en Centro-América y Méjico como en la región de Sud-América a la que hicimos referencia, existen maneras tradicionales de tratar el grano de maíz con soluciones alcalinas, la "tortilla" y el "mote" (del quechua *muthi*).

En Chile el tratamiento alcalino, originariamente aplicado al maíz, se hizo luego extensivo al trigo, dando origen al mote de trigo.

En la actualidad el mote, tanto de maíz como de trigo, es producto de difundido consumo popular en Chile y de ahí nuestro interés en averiguar su posible efecto antipelagroideo en ratas deficientes en niacina.

MATERIALES

1.—*Maíz* (*Zea mays* L.). Maíz Minnesota industrialmente limpio, molido en el momento de iniciar esta experiencia.

2.—*Mote de maíz*. Grano de maíz descortezado en caliente mediante lejía alcalina, lavado y cocido en agua (14). El producto fresco contiene aproximadamente 70% de agua. En esta experiencia se trabajó con mote preparado con maíz Minnesota, del mismo que se analizó como maíz. Se compraron varias partidas de mote de maíz en una planta elaboradora de cereales; se secaron a temperatura inferior a 60°C. y se molieron.

Elaboración industrial de mote de maíz.—En un recipiente de hierro de doble pared, calentado con vapor de agua, se hace hervir hidróxido de sodio al 4%. El hidróxido de sodio que se emplea es un producto comercial y la concentración es aproximada.

Sobre el líquido hirviente se deja caer el maíz entero, se hierve durante más o menos media hora, tiempo que basta para soltar la cutícula; se lava con agua potable hasta obtener

agua clara; se cuece en agua por espacio de más o menos dos horas. Se escurre el agua y el mote se coloca en canastos revestidos de tela; se expende al día siguiente.

3.—*Trigo* (*Triticum sativum* Lam.). Trigo candeal, industrialmente limpio, molido al comenzar esta experiencia.

4.—*Mote de trigo*. Grano de trigo cocido y descortezado con lejía alcalina, majado y lavado con agua potable (14). El producto fresco contiene aproximadamente 65% de agua. En esta experiencia se usó mote preparado con trigo candeal (del mismo que analizamos como trigo), comprado en varias partidas, secado a temperatura inferior a 60°C., homogenizado y molido.

Elaboración industrial de mote de trigo.—En condiciones similares a las descritas en la elaboración del mote de maíz, se hierve el grano de trigo con hidróxido de sodio al 4% (concentración aproximada) durante más o menos dos horas, tiempo que basta para soltar la cutícula y efectuar la cocción del grano.

El grano cocido se refriega a máquina; esta operación produce el majado del grano y separa el germen y la cutícula. Se lava el producto con agua potable hasta que el agua salga clara (el agua arrastra el germen y la cutícula). Se escurre el agua y el mote se coloca en canastos revestidos de género; se expende al día siguiente.

DIETAS

Con los materiales ya descritos, y según fórmula de Harris y Kodicek (15), se confeccionaron las dietas cuya composición porcentual presentamos en el cuadro 1.

CUADRO 1

COMPOSICION PORCENTUAL DE LAS DIETAS (*)

Constituyentes	C	1	2	3	4
Maíz	40.0	40.0	—	—	—
Mote de maíz	—	—	—	—	40.0
Trigo	—	—	40.0	—	—
Mote de trigo	—	—	—	40.0	—
Caseína (')	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Sacarosa	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5
Aceite (")	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Cistina	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Vitaminas ("") (°)	+	+	+	+	+
Minerales (°)	+	+	+	+	+
Niacina	+	—	—	—	—

(*) C: dieta control; 1: dieta con maíz = dieta de carencia; 2: dieta con trigo; 3: dieta con mote de trigo; y 4: dieta con mote de maíz.

(') Caseína lavada con alcohol acético.

(") Aceite comestible comprado en el comercio; corresponde a una mezcla de aceites de maravilla, raps y soya.

("") Excepto niacina.

(°) Según Kodicek (15).

ANALISIS QUIMICO

En los materiales y las dietas se valoró:

- 1.—*Humedad*, desecación a 105°C. hasta peso constante.
- 2.—*Nitrógeno total*, por el método de Kjeldahl, usando el destilador de Markham (16).
- 3.—*Niacina total*, según la técnica de Pelletier y Campbell (17).
- 4.—*Niacina en extracto sin hidrolizar*. Se pesó alrededor de 2.5 g. de material o dieta y se suspendió en 100 ml. de agua. Se agitó y se dejó en refrigerador a 4°C. por 24 horas. Se filtró y en el filtrado se determinó niacina según Pelletier y Campbell.
- 5.—*Niacina insoluble*, se consideró como tal a la diferencia entre las dos determinaciones anteriores.

Los resultados de los análisis químicos se presentan en el cuadro 2.

CUADRO 2

NITROGENO TOTAL Y NIACINA EN LOS MATERIALES
Y DIETAS DE ESTUDIO (*)

	N total g./100 g.	N I A C I N A (mg./100 g.)		
		Total	Insoluble	En extracto sin hidrolizar
Materiales:				
Maíz	1.38	2.6	1.5	1.1
Mote de maíz	1.48	1.4	0.3	1.1
Trigo	1.75	5.2	3.8	1.4
Mote de trigo	1.75	3.5	0.0	3.5
Dietas:				
Con maíz (°), 1	1.00	1.4	0.5	0.9
Con trigo, 2	1.19	2.3	1.1	1.2
Con mote de trigo, 3.	1.26	1.9	0.1	1.8
Con mote de maíz, 4.	1.05	1.1	0.5	0.6

(*) Resultados expresados sobre muestra seca.

(°) Dieta de carencia.

ANALISIS BIOLOGICO

Animales.—66 ratas blancas de ambos sexos de la cepa de nuestro vivero (18), cuyos pesos fluctuaban entre 50 y 75 g., se dividieron en dos grupos: 60 animales (28 machos y 32 hembras), utilizados en la producción de la carencia (dieta 1) y 6 animales (3 machos y 3 hembras) que sirvieron como controles, alimentados con dieta de carencia adicionada de niacina (dieta C).

Producción de carencia de niacina en ratas.—Se usó el método de Harris y Kodicek (19) con algunas modificaciones. Se separaron los animales por sexo y recibieron la dieta de carencia por un período de 35 días, al cabo del cual en 42 ratas, 70% (18 machos y 24 hembras), se obtuvo detención del crecimiento, alopecia y disminución de la actividad (figs. 1 y 2),



Fig. 1

Cabeza de rata carenciada al final del período de producción de la carencia. Se observa franca manifestación de alopecia.

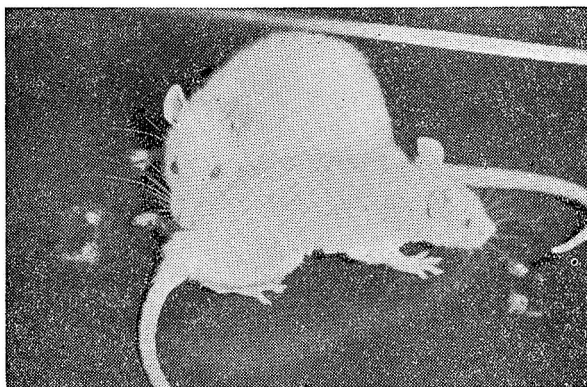


Fig. 2

Aspecto de rata carenciada y rata de control al final del período de producción de la carencia.

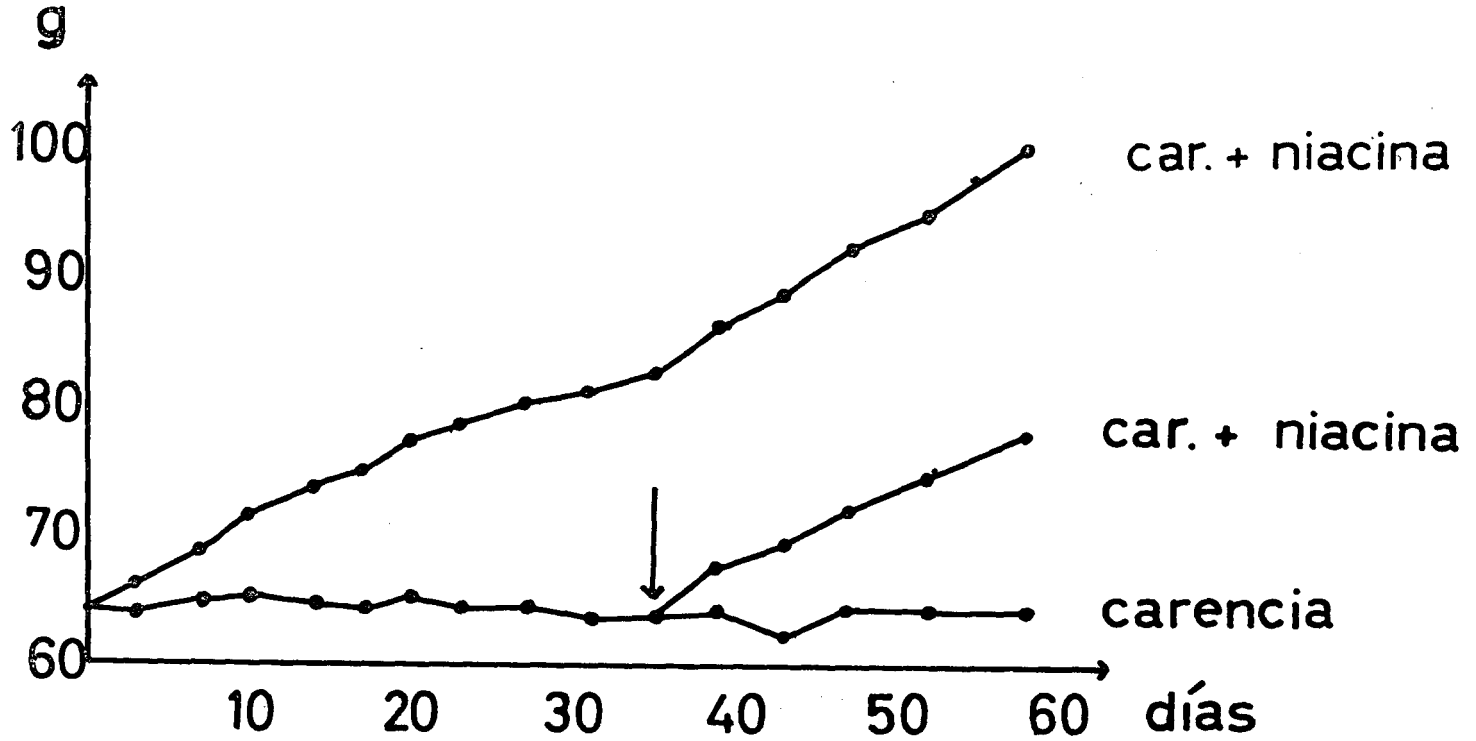
conforme a lo comunicado en la literatura (9-11). El 30% restante (10 machos y 8 hembras) continuó recibiendo dieta de carencia hasta completar 60 días sin que aparecieran signos de deficiencia; en algunos sí se observó la disminución de la velocidad de crecimiento.

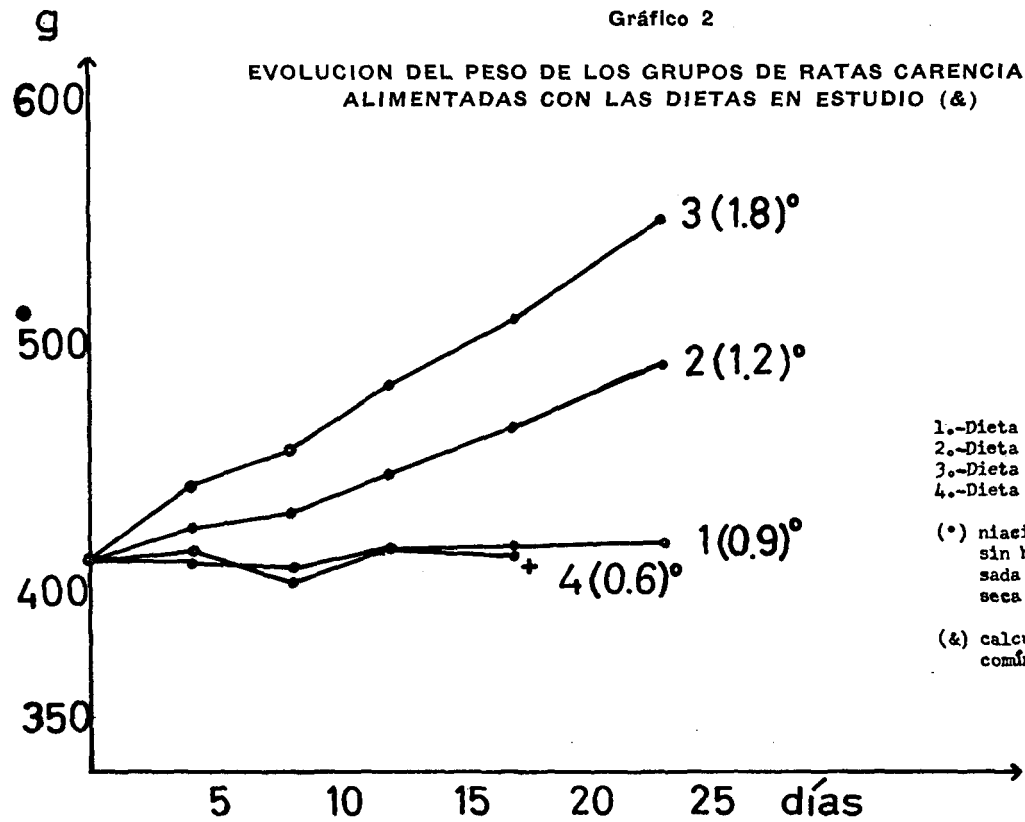
El peso individual de los animales carenciados ($n=42$) y controles ($n=6$), expresado como porcentaje del peso inicial, fluctuó entre -24 y $+11$ para los machos, y entre -15 y $+9$ para las hembras.

En el gráfico 1 se presenta la evolución del peso promedio.

Gráfico 1

EVOLUCION DEL PESO PROMEDIO DE RATAS SOMETIDAS A
DIETA DE CARENCIA Y DIETA DE CARENCIA MAS NIACINA





- 1.-Dieta con maíz
- 2.-Dieta con trigo
- 3.-Dieta con mote de trigo
- 4.-Dieta con mote de maíz

(*) niacina en extracto sin hidrolizar expresada en mg/100g dieta seca

(&) calculado para origen común.

ENSAYO DEL EFECTO DE DIFERENTES DIETAS EN LOS ANIMALES CARENCIADOS

35 ratas carenciadas (20 hembras y 15 machos) se dividieron en cinco grupos, cuyos pesos oscilaban entre 412 y 467 g., mantenidos separados por sexo. Durante un período de 23 días se les administró las dietas en estudio.

La evaluación del peso de cada grupo se presenta en los cuadros 3 y 4 y gráficos 1 y 2. En los días de este ensayo la alopecia y disminución de actividad fueron en aumento en los animales de los grupos 1 y 4, es decir, aquellos que consumían dieta de carencia y dieta con mote de maíz, respectivamente. En este último grupo encontramos condiciones aún más precarias que en el primero y al 17º día las ratas comenzaron a morir.

CUADRO 3

EVOLUCION DEL PESO PROMEDIO DE LOS GRUPOS DE RATAS SOMETIDAS A DIETA DE CARENCIA, CARENCIA MAS NIACINA Y DIETA DE CONTROL (*) A PARTIR DEL 36º DIA DE EXPERIENCIA

Día	36	40	44	48	53	59	62
Carencia	63.5	64.0	62.0	64.3	64.1	64.4	66.6
Car. + niacina	63.5	67.3	69.1	71.8	74.0	77.5	80.6
Control	82.3	85.7	88.3	91.8	94.6	99.5	100.0

(*) Dieta de control = dieta de carencia adicionada de niacina, administrada desde la iniciación de la experiencia.

CUADRO 4

EVOLUCION DEL PESO TOTAL DE LOS GRUPOS DE RATAS
CARENCIADAS QUE CONSUMIAN LAS DIFERENTES
DIETAS EN ESTUDIO (*)

	Días de experiencia					
	0	4	8	12	17	23
1.	412.3	415.8	402.5	417.2	417.9	419.3
2.	412.3	424.9	431.2	447.3	464.8	490.0
3.	412.3	442.4	457.1	483.0	508.2	548.8
4.	412.3	410.9	409.5	416.5	413.7	se empezaron a morir

(*) Datos calculados para origen común.

COMENTARIOS

La producción de la carencia en nuestras ratas fue más tardía que lo comunicado por otros autores (19). Una razón para ello es que la caseína que usamos aportaba 0.40 mg. de niacina por 100 g. de dieta. En las ratas de ambos sexos la evolución de la carencia fue similar y la detención del crecimiento y la aparición de alopecia fueron muy irregulares en cuanto al momento de su manifestación.

Nos pareció posible que existiera un paralelismo entre la niacina determinada en el extracto sin hidrolizar con la llamada niacina "libre" y con la actividad antipelagroidea. Las razones son las siguientes: a) Según nuestras determinaciones, la proteína del grano no pasa al extracto sin hidrolizar; esto nos hizo pensar que la niacina combinada a la proteína no es soluble en las condiciones en que se preparó el extracto. b) Según Harper, la actividad antipelagroidea no pasa al extracto acuoso en el maíz no tratado con álcali (20).

Los valores que aparecen en la table 2 no resultan comparables con las dadas por Kodicek para la niacina libre, ya que son mucho más elevadas (21). Sin embargo, el contenido de niacina en el extracto sin hidrolizar de las dietas guarda relación con la actividad antipelagroidea, como puede des-

prenderse del gráfico 2. A mayor contenido de niacina en el extracto sin hidrolizar, mayor capacidad de recuperación de la carencia.

El tratamiento al que se somete el grano de maíz en la preparación del mote es mucho más drástico que el usado en la preparación de "tortilla" (hidróxido de calcio 0.4 al 1%) (9). Esto explicaría la diferencia en el efecto antipelagroideo de la "tortilla" y el "mote" de maíz, positivo para la primera y negativo para el segundo.

Por otra parte, la falta de efecto antipelagroideo del mote de maíz no significa que el tratamiento con álcali sea inútil desde el punto de vista nutricional, ya que existe la posibilidad de que el mote de maíz, preparado en forma tradicional (con lejía de cenizas), tenga un efecto antipelagroideo que el mote de elaboración industrial, por nosotros estudiado, no presenta.

El mote de trigo muestra mejor efecto antipelagroideo que el grano sin tratar, lo que concuerda con el mayor contenido de niacina en el extracto sin hidrolizar.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

1.—Se estudia maíz, trigo, mote de maíz y mote de trigo, productos estos últimos de difundido consumo popular en Chile.

2.—Los "motes" de elaboración industrial resultan de someter los cereales a un tratamiento alcalino que adopta diferentes modalidades según el producto a tratar: ebullición alcalina prolongada para el trigo y breve en el caso del maíz.

3.—Se analiza el contenido de nitrógeno y niacina en los productos elaborados y granos de origen. En el mote de trigo encontramos el 100% de la niacina en el extracto sin hidrolizar, posiblemente como consecuencia del proceso de elaboración. En cambio, en el mote de maíz se produce sólo un aumento parcial de la niacina en el extracto sin hidrolizar. En ambos casos los productos contienen menos niacina total que los granos de origen.

4.—Con los materiales ya mencionados se confeccionaron dietas que se administraron a ratas, machos y hembras, de la cepa de nuestro vivero, carenciadas en niacina.

5.—La dieta con mote de maíz resultó, contrariamente a lo que esperábamos, tanto o más pelagrogénica que la dieta de carencia.

6.—El comportamiento de los grupos experimentales se relacionó directamente con el contenido de niacina en el extracto sin hidrolizar.

7.—El mejor efecto antipelagrideo lo produjo la dieta con mote de trigo, hecho que concuerda con los hallazgos químicos.

BIBLIOGRAFIA

- (1) "El maíz en la alimentación". Estudio sobre su valor nutritivo. FAO. Roma, Italia. Marzo, 1954.
- (2) Krehl, W. A.; Tepley, L. J.; Elvehjem, C. A.—"Corn as an etiological factor in the production of a nicotinic acid deficiency in the rat." *Science* 101: 283, 1945.
- (3) Kodicek, E.; Braude, R.; Kon, S. K.; Mitchell, K. G.—"The effect of alkaline hydrolysis of maize on the availability of its nicotinic acid to the pig." *Brit. J. Nutr.* 10: 51, 1956.
- (4) Carpenter, K. J.; Kodicek, E.; Wilson, W. P.—"The availability of bound nicotinic acid to the rat. 3.—The effect of boiling maize in water." *Brit. J. Nutr.* 14: 25, 1960.
- (5) Chaudhuri, D. K., and Kodicek, E.—"The availability of bound nicotinic acid to the rat. 4.—The effect of treating wheat, rice and barley brans and a purified preparation of bound nicotinic acid with sodium hydroxide." *Brit. J. Nutr.* 14: 35, 1960.
- (6) Squibb, R. L.; Braham, J. E.; Arroyave, G.; Scrimshaw, N. S.—"Supplementation of low tryptophan-niacin deficient diets with beans and lime-treated corn in rats." (*Fed. Proc.* 14: 451, 1955.
- (7) Mangay, A. S.; Pearson, W. N.; Darby, W. J.—"Millet (*Setaria italica*): its aminoacid and niacin content and supplementary nutritive value for corn (maize)." *J. Nutr.* 62: 377, 1957.
- (8) Bressani, R.; Marcucci, E.; Robles, C. E.; Scrimshaw, N. S.—"Valor nutritivo de los frijoles centroamericanos." *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana. Suplemento N° 2*: 201, 1956.
- (9) Bressani, R.; Paz y Paz, R.; Scrimshaw, U. S.—"Cambios químicos en el maíz durante la preparación de las tortillas." *Publicaciones Científicas del INCAP, N° 59, Abril de 1962. Recop. N° 4.*
- (10) Kodicek, E.—"The availability of bound nicotinic acid to the rat. 2.—The effect of treating maize and other materials with sodium hydroxide." *Brit. J. Nutr.* 14: 13, 1960.
- (11) Squibb, R. L.; Braham, J. E.; Arroyave, G.; Scrimshaw, N. S.—"Comparación del efecto de la suplementación del maíz crudo y de las tortillas (maíz tratado con cal) con niacina, triptófano o frijoles, sobre el crecimiento y el contenido de niacina de los músculos de las ratas." *J. Nutr.* 67: 351, 1959.
- (12) Cravioto, O. R.; Anderson, K. R.; Lockart, E. E.; Miranda, F. de .; Harris, S. R.—"Nutritive value of the mexican tortilla." *Science* 102: 92, 1945.
- (13) Cravioto, O. R.; Massieu, H. G.; Cravioto, Y. O.; Figueroa, F. de M.—"Effect of untreated corn and mexican tortilla upon the growth of rats on a niacin-tryptophan deficient diet." *J. Nutr.* 48: 453, 1952.
- (14) Schmidt-Hebbel, H.—"Tratado de Bromatología." Impr. El Imparcial, Stgo. Chile, 1952.
- (15) Kodicek, E., and Carpenter, K. J.—"Experimental anemias in the rat." *Blood* 5: 522, 1950.

- (16) Markham, R.—“A steam distillation apparatus suitable for micro-Kjeldahl analysis.” *Biochem. J.* 36: 790, 1942.
- (17) Pelletier, O., and Campbell, J. A.—“A modified procedure for the determination of niacin in cereal products.” *J. of the A. O. A. C.* 42: 625, 1959.
- (18) Donoso, G.; Yáñez, E.—“Estudio sobre el método de Miller y Bender para la determinación de la utilización proteica neta.” *Nutr. Bromatol. Toxicol.* 1: 37, 1962.
- (19) Harris, L. J.; Kodicek, E.—“Quantitative studies on dose-response curves in nicotinamide deficiency in rats.” *Brit. J. Nutr.* 4: XIII, 1950.
- (20) Harper, A. E.; Punekar, B. D.; Elvehjem, C. A.—“Effect of alkali treatment on the availability of niacin and aminoacids in maize.” *J. Nutr.* 66: 163, 1958.
- (21) Kodicek, E.; Wilson, P. W.—“The availability of bound nicotinic acid to the rat. 1.—The effect of lime-water treatment of maize and subsequent baking into tortilla.” *Brit. J. Nutr.* 13: 418, 1959.