RELACION DEL CONTENIDO DE LISINA Y TRIPTOFANO CON EL DE ZEINA, DURANTE LA GERMINACION DEL GRANO DE MAIZ, Y SU POSIBLE VINCULACION CON EL CICLO VEGETATIVO DE LA PLANTA[1]

Aníbal B. Martínez[2], *Roberto A Gómez-Brenes*[3] *y Ricardo Bressani*[4]

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Guatemala, C. A.

RESUMEN

El trabajo aquí descrito se llevó a cabo con el propósito de determinar los cambios químicos que ocurren en el maíz durante el proceso de germinación Con este fin se utilizaron granos de 8 variedades de este cereal, 5 provenientes de la zona costera y 3 del altiplano de Guatemala. Los granos se germinaron durante 8 días y se tomaron muestras cada 24 horas, las cuales una vez secadas y desgrasadas se analizaron para determinar su contenido de proteína y de las diferentes fracciones proteínicas de acuerdo con su solubilidad en agua, NaCl 0 5 M, etanol al 70°/o y NaOH 0 01 M, respectivamente Los aminoácidos lisina y triptofano se determinaron por separado en el grano entero, en el germen y en el endospermo.

Manuscrito modificado recibido 22—5—80

1 Esta investigación se llevó a cabo con fondos provenientes de la subvención No PN-740 de la Research Corporation, Nueva York, N Y

2 Este trabajo se basa en parte en la Tesis previo a optar al título de Ingeniero Agronomo, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

3 Científico de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP, Guatemala

4 Jefe de la citada División

Los resultados indicaron que el nitrógeno total del grano entero aumenta durante el período de germinación, mientras que su contenido en el germen y en el endospermo disminuye El fraccionamiento de las proteínas reveló que durante la germinación disminuye la concentración de prolaminas y glutelinas, mientras que la fracción de globulinas permanece casi constante y la de albúmina aumenta significativamente, especialmente del 4o. al 5o. día de germinación. Los aminoácidos lisina y triptofano mostraron cambios muy relacionados con los observados en la concentración de proteína en las diferentes fracciones anatómicas del grano: en el endospermo y en el grano entero la concentración de lisina y triptofano aumenta a medida que disminuye la fracción de prolaminas, y en el germen, donde la fracción prolamina tiene un comportamiento inestable, los dos aminoácidos también lo tienen El contenido de estos aminoácidos está directamente relacionado con el contenido de albúmina Con base en estos resultados se propone que la degradación de la zeína sirve de base para la síntesis de albúmina.

INTRODUCCION

Los objetivos más importantes del hombre, para poder subsistir en el futuro, son posiblemente: encontrar nuevas fuentes de alimentos, aumentar la producción por área de cultivo, y mejorar la cantidad y calidad proteínica de los mismos.

El mejoramiento de la proteína, tanto en cantidad como en calidad, es una tarea que tiene relativamente poco tiempo de haber sido abordada con entusiasmo; más que todo, este entusiasmo se ha debido a los resultados alentadores obtenidos a través de los estudios efectuados en el maíz mutante Opaco-2 (1).

Sin embargo, poco es lo que se ha avanzado en este campo, debido posiblemente a los escasos conocimientos existentes acerca de los procesos bioquímicos específicos que muestran las vías metabólicas de los elementos esenciales.

Estudios específicos efectuados recientemente empiezan a despejar muchas de las incógnitas que bioquímicos, genetistas y nutricionistas habían encontrado en trabajos más generales. En concreto, estudios hechos por Tsai, Dalby y Jones (2), en varios cereales, demostraron un rápido y significativo aumento de lisina y triptofano asociado a una disminución de la cantidad de zeína durante la germinación. Según lo informado por estos investigadores, el incremento de dichos aminoácidos durante los primeros tres días de germinación alcanza niveles que equivalen aparentemente a los que se alcanzan en granos maduros de Opaco-2; este incremento está limitado específicamente al embrión.

Sin embargo, estudios preliminares hechos en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) han mostrado una pequeña diferencia en relación con los estudios anteriores; específicamente, que la fracción zeína no disminuye durante la germinación, lo cual ha hecho especular que este fenómeno posiblemente tenga que ver con el ciclo vegetativo de la planta. Considerando que el material utilizado por Tsai, Dalby y Jones (2) tiene características de precoz, mientras que el utilizado por el INCAP es de ciclo tardío, se llevó a cabo el presente estudio a fin de identificar con mayor precisión los cambios químicos que ocurren en el maíz durante el proceso de germinación.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron ocho variedades de maíz, provenientes tanto de la zona baja como del altiplano de Guatemala, con marcadas diferencias en el ciclo vegetativo. Estos materiales fueron proporcionados por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) y el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA).

1. *Variedades provenientes de la zona baja*

Cuarenteño·	de ciclo precoz
ICTA B–1·	de ciclo intermedio
Tuxpeño 0-2:	de ciclo intermedio
NK-991·	de ciclo tardío
ICTA A–4:	de ciclo precoz

2. *Variedades provenientes del altiplano*

Azotea·	de ciclo tardío
Compuesto blanco·	de ciclo tardío
Guatemalan xela·	de ciclo precoz

Cada muestra fue sometida a tratamiento con cloruro de calcio al 3%/o durante un minuto y luego fue lavada con agua destilada, operación que se repitió tres veces, para asegurar un 100%/o de sanidad y evitar la proliferación de hongos durante el período de germinación

Las muestras se colocaron en bandejas de metal perforadas, las cuales fueron situadas en un medio ambiente con 80%/o de humedad y a 28°C.

Cada variedad se puso a germinar durante un período de ocho días, durante el cual se tomaron lecturas cada 24 horas. Con el propósito de evitar al máximo la incidencia de luz natural y actividad fotosintética, en el local donde se desarrolló la germinación se colocó una fuente de luz verde, en presencia de la cual se sacaban las muestras, se fraccionaban los granos y se pesaban.

Después de pesar, fraccionar el grano en endospermo y germen, y determinar nuevamente el peso fresco de cada fracción de las muestras tomadas cada 24 horas, éstas se almacenaban bajo congelación (−5°C). Al completar las muestras ocho días, se descongelaban y se ponían al horno durante 16 horas a 60°C. Después de este tiempo se sacaban del horno y se pesaban nuevamente para determinar el peso seco. Posteriormente se desgrasaban, utilizándose éter etílico como extractor, pero sólo cuantificando la grasa contenida en la fracción germen. Posteriormente se molían las muestras en un molino con tamiz No. 20.

Para determinar la proteína total se utilizó el método micro Kjeldahl para nitrógeno total multiplicado por el factor 6.25. Se introdujo una pequeña modificación en el método, la cual consistía en agregar agua oxigenada de grado reactivo (30 volúmenes) para acelerar el tiempo de digestión de la muestra.

Para el fraccionamiento de la proteína se trabajó en base al principio de solubilidad, propuesto por Osborne (3) y modificado en el INCAP por Núñez (4). Se utilizaron los siguientes solventes:

Agua destilada para la fracción albúmina
Solución de NaCl 0 5 M para la fracción globulina
Solución de etanol al 70°/o para la fracción prolamina (zeína), y
Solución de NaOH 0 01 M para la fracción glutelina

Las mismas fueron utilizadas en el orden correspondiente

La cuantificación de cada fracción se hizo también por el método micro Kjeldahl, utilizando para estos fines 5 ml del extracto

Los aminoácidos lisina y triptofano fueron determinados por separado, utilizando el método colorimétrico basado en la digestión enzimática con papaína, notificado por Villegas y Mertz (5).

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de regresión cuadrática, con el fin de obtener una curva explicativa de una relación natural. Las regresiones realizadas fueron las siguientes:

1. Proteína total de cada variedad/tiempo de germinación.

2. Albúmina de las variedades agrupadas por ciclo vegetativo/tiempo de germinación.

3. Zeína de las variedades agrupadas por ciclo vegetativo/ tiempo de germinación.

4. Lisina de las variedades agrupadas por ciclo vegetativo/ tiempo de germinación.

5. Tripotofano de las variedades agrupadas por ciclo vegetativo/tiempo de germinación.

RESULTADOS

Las Tablas 1-8 muestran el promedio de cuatro observaciones para proteína total, fracciones (albúmina, globulina, zeína y glutelina), triptofano y lisina, de muestras tomadas cada 24 horas, tanto en el grano entero como en cada fracción (endospermo y germen). Las Figuras 1-5 dan una clara explicación de estos resultados.

Así, en la Figura 1 las curvas de regresión para proteína total/ tiempo de germinación de cada una de las variedades muestran que en todas las variedades, independiente de su ciclo vegetativo, hay un decrecimiento de la proteína total, tanto en el endospermo como en el germen, sin embargo, en el grano entero aumenta. Este patrón de comportamiento es bastante similar en todas las variedades, ya que el 90% de las mismas muestran una alta significancia de regresión ($P < 0.05$), tanto para la tendencia negativa en el germen y endospermo, como para la tendencia positiva del grano entero Las ecuaciones correspondientes a estas regresiones cuadráticas se presentan en las Tablas 9 y 10.

Para una mayor comprensión de los resultados anteriores y con el fin de facilitar la discusión sobre este punto, en la Tabla 11 se comparan datos de proteína total en g/100 g de materia seca, el peso seco del germen y el contenido de proteína total en g/peso seco de unidad germen, durante el período de germinación, para las variedades de ciclo tardío, precoz e intermedio, respectivamente Se observa en esta Tabla el contraste que existe entre la concentración de proteína en la materia seca y en el germen, ya que mientras la primera disminuye, la segunda aumenta, debido al incremento en peso seco del germen.

TABLA 1

VALORES PROMEDIO DE 4 OBSERVACIONES PARA. PROTEINA TOTAL, FRACCIONES (ALBUMINA, GLOBULINA, ZEINA, GLUTELINA), LISINA Y TRIPTOFANO, EN GRAMOS/100 GRAMOS DE MATERIA SECA

VARIEDAD· AZOTEA

	P T			F AL			F GLO			F. Z			F. GLU			TRIP			LIS		
Dia	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G
0	8 96	7 65	23 08	1 25	1 11	8 56	1 30	0 92	3 96	3 79	2 97	1 13	2 04	1 29	2 67	0 049	0 028	0 342	0.255	0 187	0 719
1	9 52	6 98	17 92	2 09	1 05	12 34	1 25	0 99	3 87	2 71	2 71	1 04	1 90	1 29	2 02	0 082	0 030	0 260	0 237	0 190	0 690
2	9 28	6 75	19 42	3 06	1 79	10 04	1 11	0 92	3 68	2.76	2 61	1 13	1 58	1 05	1 93						
3	9 51	5 86	19 82	4 83	3 14	12 22	1 07	0 92	2 87	2 33	2 21	1 31	1 62	0 92	2 04	0 094	0 030	0 273	0 293	0 202	0 711
4	9 60	5 22	20 46	5 90	2 53	11 17	1 07	0 86	1 94	1 54	1 75	1 22	1 81	0 92	1 29						
5	9 52	5 00	20 02	6 18	2 59	10 61	1 02	0 92	1 94	1 27	1 57	1 39	1 86	0 86	2 03	0 113	0 030	0 495	0 354	0 214	2.305
6	10 13	5 15	19 19	6 22	2 33	10 f7	1 11	1 04	2 59	1 18	1 45	1 31	1 86	0 86	2 22	0 134	0 051	0 244	0.264	0 221	1.052
7	10 19	4 65	19 18	6 26	2 53	9 16	1 06	0 99	2 31	1 18	1 40	0 70	1 86	0 92	1 11						
8	9 37	5 18	16 12	6 i3	2 65	7 01	1 07	0 98	2 21	1 14	1 45	1.31	1 95	0 86	2 58	0 104	0 040	0 197	0 257	0 202	0 547

P T = Proteina total
F AL = Fraccion albumina
F GLO = Fraccion globulina
F Z = Fraccion zeina
F GLU = Fracción glutelina
TRIP = Triptofano
LIS = Lisina
GE = Grano entero
E = Endospermo
G = Germen

TABLA 2

VALORES PROMEDIO DE 4 OBSERVACIONES PARA PROTEINA TOTAL, FRACCIONES (ALBUMINA, GLOBULINA, ZEINA, GLUTELINA), LISINA Y TRIPTOFANO, EN GRAMOS/100 GRAMOS DE MATERIA SECA

VARIEDAD. NK – 991

	P T			F AL			F GLO			F Z			F GLU			TRIP			LIS		
Día	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G
0	12 13	9 38	24 96	1 67	1 23	11 55	1 25	1 04	3 67	3 03	2 62	1.39	1 95	1 04	2.38	0 056	0 037	0 287	0 248	0 167	1.152
1	11 68	9 18	24 84	1 76	2.68	12 32	1 16	0 99	3 28	3 29	2 74	1 55	1 67	1 11	2 10	0 046	0 027	0 304	0 323	0 187	0 909
2	12 14	8 35	22 92	1 86	2 77	12 77	1 11	1 04	2 44	3 21	2 56	1 45	1.76	1 17	2 17						
3	11 55	7 16	24 71	2 18	2 89	15 02	1 07	1 17	2 09	3 42	2 62	1 38	1.72	1 05	2 18	0 056	0 037	0 326	0.339	0 202	1 516
4	13 18	6 77	24 54	2 97	2 76	14 00	1 07	1 04	1 91	2 33	2 38	1.55	1 86	1.10	2.54						
5	12 78	5 94	22.37	2 83	2 82	13 71	1 02	0 98	2.31	1.98	2 50	1 40	1.76	1 04	1.94	0 068	0.049	0 256	0 298	0.203	1.609
6	12 97	6 68	21 94	2 65	2 77	13 06	1 05	0 98	2 04	1 71	2 50	1 31	1 86	1 17	1 94	0 076	0 064	0 248	0 290	0 197	1 643
7	12 53	5 93	20 27	2 51	2 71	12 69	1 07	1 04	1 94	1 80	2 27	1 23	1 81	1 11	1 80						
8	13 04	6 68	22 02	2 42	3 02	12 60	0 97	1 05	1 95	1 85	1 67	1 40	1 77	1 17	1.57	0 052	0,053	0 278	0 299	0 205	1 325

P T = Proteina total
F AL = Fraccion albumina
F GLO = Fraccion globulina
F Z = Fraccion zeina
F GLU = Fracción glutelina
TRIP = Triptotano
LIS = Lisina
GE = Grano entero
E = Endospermo
G = Germen

TABLA 3

VALORES PROMEDIO DE 4 OBSERVACIONES PARA PROTEINA TOTAL, FRACCIONES (ALBUMINA, GLOBULINA, ZEINA, GLUTELINA), LISINA Y TRIPTOFANO, EN GRAMOS/100 GRAMOS DE MATERIA SECA

VARIEDAD COMPUESTO BLANCO

	P T			F A			F GLO			F Z			F GLU			TRIP			LIS		
Dia	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G
0	10 59	10 38	21 59	1 39	0 817	10 14	1 30	0 73	2 85	5.40	2 79	1 11	1.95	1 51	1 59	0 081	0 036	0 265	0 157	0 172	0 971
1	10 84	9 86	18 66	1 43	1 09	10 65	1 06	0 82	2 74	5 39	2 74	1 10	2 08	1.36	1 83	0 099	0 047	0 252	0 235	0 192	1 203
2	10 75	9 43	21 42	1 81	1 73	11 81	1 11	0 68	2 08	5.34	2 62	1.18	1 99	1 27	2 91						
3	11 28	8 57	22 88	2 18	2 58	13 71	1 02	0 72	1 35	5 35	2 96	1 19	1 99	1 22	4 71	0 114	0 045	0.359	0 273	0 201	1 327
4	11 06	7 63	17 37	3 76	2 49	13 47	0 93	0 68	1 57	5 18	2.31	1 17	1 39	1 27	2 64						
5	11 30	6 02	19 26	4 69	2 54	12 36	0 93	0 73	1 59	3 86	2 19	1 10	1.76	1.22	2.50	0 128	0 048	0 255	0 323	0 185	1 046
6	11 76	6 42	17 24	5 69	2 54	11 52	0 97	0 77	1 59	2 67	1 76	1 10	1 57	1 18	2 42	0 166	0 057	0 298	0 240	0 199	1.195
7	12 32	6 55	16 14	5 98	2 40	11 80	1 07	0 73	1 42	2 06	1 54	1 19	1 90	1 13	2 26						
8	14 26	5 59	19 16	6 91	2 36	11 13	1 11	0 73	1 59	1 58	1 20	1 03	1 90	1 13	2 09	0 141	0 068	0 262	0 197	0 180	1 270

P T = Proteina total
F AL = Fraccion albumina
F GLO = Fraccion globulina
F Z = Fraccion zeina
F GLU = Fraccion glutelina
TRIP = Triptofano
LIS = Lisina
GE = Grano entero
E = Endospermo
G = Germen

TABLA 4

VALORES PROMEDIO DE 4 OBSERVACIONES PARA PROTEINA TOTAL, FRACCIONES (ALBUMINA, GLOBULINA, ZEINA, GLUTELINA), LISINA Y TRIPTOFANO, EN GRAMOS/100 GRAMOS DE MATERIA SECA

VARIEDAD CUARENTEÑO

	P T			F AL			F GLO			F Z			F GLU			TRIP			LIS		
Dia	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G
0	10 12	9 93	22 79	1 62	1 05	11 78	1 30	0 86	4 73	4 91	3 84	1 23	2.09	1 29	2 60	0 043	0 037	0 292	0 252	0 185	1 019
1	10 47	8 74	19 06	2 97	1 29	9 15	1 07	0 92	3 32	4 87	3 55	1 13	1 85	1 11	2 86	0 077	0 040	0.236	0 211	0 194	0 777
2	10 16	7 94	19 58	3 80	2 09	12 53	1 16	0 80	4 08	4 91	3 09	1 40	1 90	1 03	2 60						
3	11 12	6 52	23 00	6 88	2 64	13 46	1 11	0 86	2 13	2 77	1 62	1 32	1 72	0 98	2 69	0 118	0 032	0 442	0 316	0 177	1 522
4	10 94	5 59	16 97	8 17	2 03	11 80	1 16	0 92	1 95	1 32	1 22	1 23	1 76	1 04	1 95						
5	12 14	5 72	18 48	8 31	2 46	13 10	1 11	0 80	2 32	1 10	2.03	1 32	1 90	1 11	2 14	0 140	0 048	0 516	0 346	0 190	2 657
6	12 68	6 05	16 00	8 16	2 31	11 32	1 07	0 86	1 58	1 23	2 14	1 40	1 63	1 04	1 67	0 128	0 060	0 468	0 365	0 172	1 698
7	13 30	6 62	17 02	7 72	2 22	12 06	1 02	0 86	1 67	1 19	2 21	1 31	1 67	0 98	1 92						
8	11 69	5 69	17 17	7 48	2 16	13 61	1 02	1 05	1 39	1 58	2 39	1 22	1 53	0 92	1 11	0 130	0 051	0 453	0 360	0 163	1 602

P T = Proteina total
F AL = Fraccion albumina
F GLO = Fraccion globulina
F Z = Fraccion zeina
F. GLU = Fraccion glutelina
TRIP = Triptofano
LIS = Lisina
GE = Grano entero
E = Endospermo
G = Germen

TABLA 5

VALORES PROMEDIO DE 4 OBSERVACIONES PARA PROTEINA TOTAL, FRACCIONES (ALBUMINA, GLOBULINA, ZEINA, GLUTELINA), LISINA Y TRIPTOFANO, EN GRAMOS/100 GRAMOS DE MATERIA SECA

VARIEDAD GUATEIAN XELA

	P T			F AL			F GLO			F. Z			F GLU			TRIP			LIS		
Dia	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G
0	10 43	9 95	22 78	1 44	0 82	12 37	1 02	0 64	3 61	3 34	2.79	1.03	1 58	1.82	1 50	0 053	0 050	0.265	0.199	0.156	0 744
1	9 88	9 63	19 97	1 81	1 22	12 47	0 97	0 64	3 18	3 43	2 27	1.03	1.63	1.77	1 76	0 046	0 046	0.236	0.228	0 176	1 340
2	11 03	9 52	17 44	2 83	1 85	12 89	1 07	0 67	2 26	3 20	1 93	1.11	1 44	1 58	2 04						
3	10 97	8 70	18 96	3 86	2 99	12 88	1 02	0 63	1 59	3 21	1.75	0 95	1.25	1 36	2 17	0 071	0 056	0 294	0.300	0 173	1 314
4	9 92	7 70	18 76	4 09	3 04	13 78	1 07	0 68	1 30	2 59	1.41	0 92	1.21	1 22	2 51						
5	10 95	7 27	18 81	4 73	2 77	13 56	1 07	0 64	1 58	2 19	1 28	1 02	1 30	1.27	2 00	0 089	0 062	0 273	0 397	0 171	1.325
6	11 18	5 84	18 44	5 57	2 58	12 48	1 11	0 64	1 33	1 49	0 99	1.02	1.07	1.13	2.08	0 110	0 053	0 300	0 360	0.176	1 382
7	11 16	5 24	16 68	5 52	2 68	12 48	1 02	0 68	1 33	1 14	0 94	1.10	1 53	1.18	1.91						
8	11 07	5 37	17 06	5 14	2 72	12 59	0 97	0 64	1 44	1 27	1 07	1.03	1 34	0 91	2 00	0 117	0 057	0 285	0.351	0.193	1.393

P T = Proteina total
F A = Fraccion albumina
F GLO = Fraccion globulina
F Z = Fraccion zeina
F GLU = Fraccion glutelina
TRIP = Triptofano
LIS = Lisina
GE = Grano entero
E = Endospermo
G = Germen

TABLA 6

VALORES PROMEDIO DE 4 OBSERVACIONES PARA. PROTEINA TOTAL, FRACCIONES (ALBUMINA, GLOBULINA, ZEINA, GLUTELINA), LISINA Y TRIPTOFANO, EN GRAMOS/100 GRAMOS DE MATERIA SECA

VARIEDAD ICTA A–4

	P T			F A			F GLO			F Z			F GLU			TRIP			LIS		
Dia	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G
0	11 19	10 39	25 34	1 56	0 86	12 18	1 35	0 73	2 82	5 54	2 66	0 94	2 04	1 31	2 07	0 058	0 046	0 288	0.244	0 191	1 029
2	11 86	10 46	20 31	2 13	1 04	13 13	1 16	0 73	2 91	5 65	2 70	0 94	2 22	1 09	2 66	0 052	0 037	0 240	0 243	0 179	0.996
2	11 41	9 26	21 89	2 50	1 27	13 38	1 16	0 73	2.16	5 39	2 32	1 02	2.27	1 18	3 41						
3	11 05	8 43	23 93	4 02	1 95	14 39	1 01	0 67	1 96	4.58	2 40	1 00	1 48	1 09	4 74	0 067	0 045	0 251	0 272	0 184	1 099
4	11 44	7 33	22 37	5 24	2 58	15 16	1 02	0.64	1 66	2 72	2 06	1 02	1.39	1 04	3 81						
5	12.02	6 84	20.69	5 69	2 63	14 16	1 06	0 68	1 66	2 54	1 84	0 94	1.34	0.95	3 23	0 085	0 067	0 271	0 294	0.173	1.054
6	12 10	5 69	20 12	6 30	2.77	13 35	1 02	0 64	1 42	1 57	1 71	0 95	1 30	1 00	3 17	0 128	0 054	0 300	0.292	0 191	1 092
7	13 07	5 35	18 85	6 92	2.58	13 18	1 07	0 68	1.50	1.36	1.55	1.05	1.25	0 95	2 75						
8	14 17	5 53	17 28	7 85	2 67	12 43	1 11	0 68	1 42	1 14	0 98	1 05	1.67	1 09	2 50	0 109	0 063	0.271	0 344	0 204	1 032

P T = Proteina total
F A = Fraccion albumina
F. GLO = Fraccion globulina
F Z = Fraccion zeina
F. GLU = Fracción glutelina
TRIP = Triptofano
LIS = Lisina
GE = Grano entero
E = Endospermo
G = Germen

TABLA 7

VALORES PROMEDIO DE 4 OBSERVACIONES PARA PROTEINA TOTAL, FRACCIONES (ALBUMINA, GLOBULINA, ZEINA, GLUTELINA), LISINA Y TRIPTOFANO, EN GRAMOS/100 GRAMOS DE MATERIA SECA

VARIEDAD ICTA B – 1

	P T			F AL			F GLO			F Z			F GLU			TRIP			LIS		
Día	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G
0	10 22	8 22	24 39	1 58	0 68	11 51	1 21	0 91	2 97	2 95	2 26	1 23	1 77	1 24	2 32	0 042	0 029	0 320	0 228	0 167	1 077
1	10 09	7 91	21 46	1 58	0 95	11 50	1 07	0 73	2 41	3 03	1 76	1 31	1 90	1 18	2 23	0 053	0 030	0 270	0 318	0 157	1.137
2	10 01	7 14	23 17	1 90	1 64	12 24	1 02	0 73	2 41	2.85	1 28	1 40	1 72	1 22	2 24						
3	9 67	6 36	26 63	2 42	2 22	12 77	1 07	0 82	2 04	2 99	1 33	1 49	1 86	1 22	2 22	0 056	0 034	0 466	0 240	0 182	1 876
4	9 39	5 93	20 26	4 73	2 59	12 25	1 11	0 68	1 92	1.80	0 94	1 38	1 72	1 13	2 28						
5	10 52	6 65	22 39	5 11	2 13	11 79	1 02	0 73	1 92	1 62	0 99	1 29	1 86	1 00	2 10	0 105	0 050	0 569	0 409	0 168	2.730
6	10 57	4 32	22 44	5 53	2 00	10 10	1 21	0 64	1 55	1 54	1 03	1 38	1 81	0 95	1 64	0 109	0 048	0 539	0 395	0 171	1 745
7	11 06	4 88	17 43	5 71	2 00	11 21	1 02	0 68	1 94	1.32	0 90	1 31	1 76	0 91	1 64						
8	10 52	4 50	18 48	6 40	2 04	11 67	0 97	0 64	1 67	1 05	0 86	1 31	1 81	0 95	1 76	0 099	0 037	0 244	0 390	0.163	1 476

P T = Proteina total
F A = Fraccion albumina
F GLO = Fraccion globulina
F Z = Fraccion zeina
F GLU = Fracción glutelina
TRIP = Triptofano
LIS = Lisina
GE = Grano entero
E = Endospermo
G = Germen

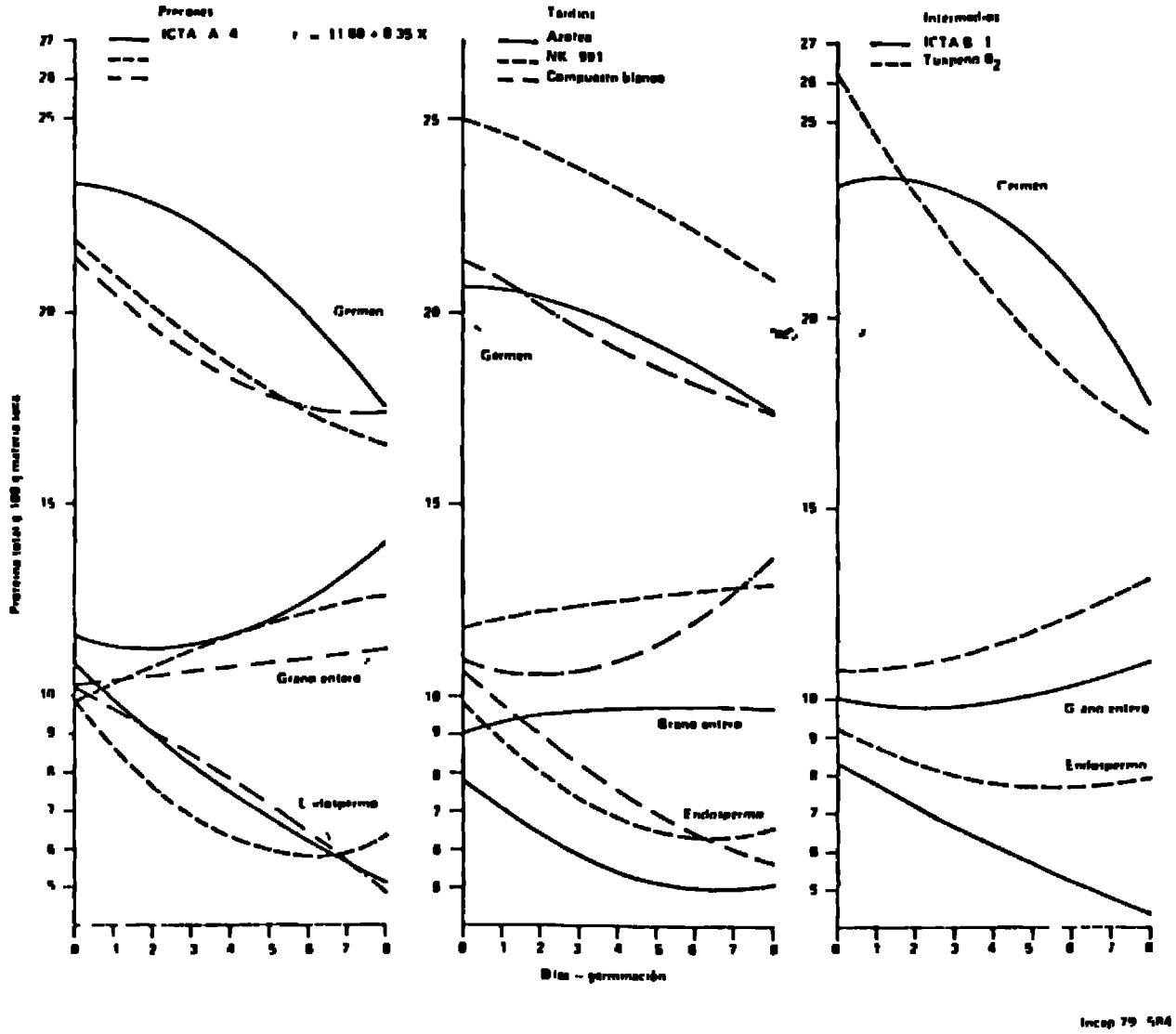
TABLA 8

VALORES PROMEDIO DE 4 OBSERVACIONES PARA PROTEINA TOTAL, FRACCIONES (ALBUMINA, GLOBULINA, ZEINA, GLUTELINA), LISINA Y TRIPTOFANO, EN GRAMOS/100 GRAMOS DE MATERIA SECA

VARIEDAD TUXPEPEÑO 0_2

	P T			F AL			F GLO			F Z			F GLU			TRIP			LIS		
Dia	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G	GE	E	G
0	10 51	9 09	26 67	2 88	1 31	11 41	1 '4	1 09	2 85	2 15	1 20	0 96	1 86	1 73	2 21	0 103	0 050	0 285	0 285	0 202	1 178
1	10 86	8 74	23 08	2 83	1 31	10 76	1 39	1 04	3 37	2 06	1 16	1 03	2 08	1 85	2 64	0 084	0 063	0 306	0 328	0 222	1 016
2	11 26	8 46	24 57	3 06	1 40	11 88	1 34	1 00	2 49	2 15	1 07	1 13	1 99	1 63	3 13						
3	11 10	8 32	23 29	3 60	1 99	12 44	1 39	0 95	2 12	2 18	1 03	1 31	2 26	1 40	4 88	0 091	0 064	0 301	0 257	0 197	1 270
4	11 42	7 63	19 68	5 05	3 22	11.82	1 16	0 95	1 94	1 71	1 24	1 05	2 27	1.49	4 16						
5	11 46	7 58	18 13	5 23	3 18	12 38	1.25	1 04	1 85	1 44	1 12	1 31	2.18	1 59	2 95	0 102	0 070	0 299	0 262	0.209	1 127
6	12 26	7 39	17 73	5 65	3 22	12 35	1 39	1 04	1 63	1 36	1 03	1 12	2 22	1 59	2 81	0 097	0 063	0 264	0 272	0 207	1 395
7	11 99	7 94	19 34	5 88	3 13	12 35	1 20	1 00	1 91	1 18	0 90	1 20	2 18	1 54	2 72						
8	13 59	7 94	16 55	7 07	3 09	11 82	1 29	1 04	1 65	0 96	0 86	1 04	2 13	1 63	2 56	0 098	0 067	0 262	0 298	0 214	1 741

P T = Proteina total
F A = Fraccion albumina
F GLO = Fraccion globulina
F Z = Fraccion zeina
F GLU = Fraccion glutelina
TRIP = Triptofano
LIS = Lisina
GE = Grano entero
E = Endospermo
G = Germen



FIGURAS 1, 2 y 3

Cambios en materia seca y proteína total en el grano entero y sus fracciones durante la germinación

Las Figuras 4 y 5 muestran las curvas de regresión de las fracciones albúmina y zeína, para cada grupo de variedades por ciclo vegetativo (tardíos, precoces e intermedios)

En estas Figuras se observa una alta significancia ($P < 0.01$), en el contenido tanto de albúmina como de zeína, del endospermo, para los tres ciclos vegetativos pero en sentido diferente, ya que mientras la zeína disminuye en relación con el tiempo de germinación, la albúmina aumenta.

Sin embargo, en el germen no se observó ninguna significancia para todos los ciclos, excepto el ciclo tardío, en albúmina, que presenta significancia al nivel de 5%

TABLA 9

ECUACIONES DE LAS CURVAS CORRESPONDIENTES A LAS REGRESIONES CUADRATICAS OBTENIDAS EN PROTEINA TOTAL/ TIEMPO DE GERMINACION

VARIEDADES PRECOCES

Cuarenteño	ICTA-A-4	Guateian xela
G E $9\,82 + 0\,52x - 0\,02x^2$	G E $11\,60 - 0\,35x + 0\,08x^2$	G E $10\,30 + 0\,11x + 0\,01x^2$
E $9\,98 - 1\,44x + 0\,12x^2$	E $10\,90 - 0\,99x + 0\,03x^2$	E $10\,23 - 0\,54x - 0\,02x^2$
G $22\,01 - 1\,04x + 0\,05x^2$	G $23\,34 - 0\,08x - 0\,08x^2$	G $21\,51 - 1\,10x + 0\,07x^2$

VARIEDADES TARDIAS

Azotea	NK-991	Compuesto blanco
G E $9\,01 + 0\,26x - 0\,02x^2$	G.E $11\,83 + 0\,17x - 0\,01x^2$	G.E $10\,96 - 0\,36x + 0\,09x^2$
E $7\,80 - 0\,84x + 0\,06x^2$	E $9\,78 - 1.08x + 0\,08x^2$	E $10\,69 - 0\,93x + 0\,04x^2$
G $20\,21 - 0\,08x - 0\,04x^2$	G : $24\,97 - 0\,33x - 0\,02x^2$	G $21\,37 - 0\,59x + 0\,01x^2$

VARIEDADES INTERMEDIAS

ICTA B-1	Tuxpeño O-2
G E $10\,16 - 0\,19x + 0\,04x^2$	G E $10\,75 + 0\,01x + 0\,04x^2$
E $8\,31 - 0\,61x + 0\,02x^2$	E $9\,23 - 0.55x + 0.05x^2$

TABLA 10

ECUACIONES DE LAS CURVAS CORRESPONDIENTES A LAS REGRESIONES CUADRATICAS OBTENIDAS EN ALBUMINA/ TIEMPO DE GERMINACION

Precoces	Tardías	Intermedias
G.E· $1.16 + 1\,47x + 0\,09x^2$	G E $1\,11 + 0\,86x - 0\,04x^2$	G.E: $1\,95 + 0\,44x + 0\,02x^2$
E $0\,83 + 0\,64x - 0.06x^2$	E $1\,13 + 0.59x - 0\,05x^2$	E · $0.80 + 0\,63x - 0\,05x^2$
G $11.76 + 0\,67x - 0\,07x^2$	G $10\,31 + 1\,28x - 0\,16x^2$	G : $11.37 + 0.33x - 0\,04x^2$

ECUACIONES DE LAS CURVAS CORRESPONDIENTES A LAS REGRESIONES CUADRATICAS OBTENIDAS DE ZEINA/ TIEMPO DE GERMINACION

Precoces	Tardías	Intermedias
G E $5\,12 - 0.71x + 0\,02x^2$	G E. $4.30 - 0\,03x - 0\,01x^2$	G.E: $2.68 - 0.13x - 0.01x^2$
E $3\,17 - 0\,49x + 0\,04x^2$	E · $2\,82 - 0\,10x - 0\,01x^2$	E : $1.65 - 0.19x + 0\,01x^2$
G $1\,07 + 0\,01x - 0\,00x^2$	G $1\,21 + 0.04x - 0\,01x^2$	G : $1.11 + 0\,10x - 0\,01x^2$

ECUACIONES DE LAS CURVAS CORRESPONDIENTES A LAS REGRESIONES CUADRATICAS OBTENIDAS DE TRIPTOFANO/ TIEMPO DE GERMINACION

Precoces	Tardías	Intermedias
G E $0\,047 + 0\,016x - 0\,000x^2$	G E $0\,060 + 0\,019x - 0\,002x^2$	G.E. $0.066 + 0.007x + 0\,000x^2$
E $0\,041 + 0\,003x - 0\,000x^2$	E $0\,033 + 0\,002x + 0\,000x^2$	E : $0\,040 + 0.006x + 0.000x^2$
G $0\,253 + 0\,030x - 0\,002x^2$	G $0\,281 + 0\,020x - 0.003x^2$	G . $0.266 + 0.075x - 0\,009x^2$

(Cont.)

TABLA 10 (Continuación)

ECUACIONES DE LAS CURVAS CORRESPONDIENTES A LAS REGRESIONES CUADRATICAS OBTENIDAS DE LISINA/ TIEMPO DE GERMINACION

G E	$0\,217 + 0\,032x - 0\,002x^2$	G E	$0\,223 + 0\,039x - 0\,005x^2$	G E	$0\,274 + 0\,005x + 0\,001x^2$
E	$0\,180 - 0\,002x + 0\,000x^2$	E	$0\,177 + 0\,011x - 0\,001x^2$	E	$0\,186 + 0\,002x - 0\,000x^2$
G	$0\,880 + 0\,234x - 0\,022x^2$	G	$0\,829 + 0\,251x - 0\,027x^2$	G	$1.015 + 0\,255x - 0\,023x^2$

G E Grano entero E. endospermo G: Germen

TABLA 11

VALORES COMPARATIVOS DE PROTEINA TOTAL EN g/100 g DE MATERIA SECA, Y PROTEINA TOTAL EN g/PESO DEL GERMEN ÈN GRAMOS

VARIEDADES PRECOCES

	ICTA A-4			CUARENTEÑO			GUATEIAN XELA		
Día	g/100 g m.s.	P.S.G.	g P.T P.S.G.	g/100 g m.s.	P.S.G.	g P.T P.S.G.	g/100 g m.s.	P.S.G.	g P.T P.S.G.
0	25.34	0.015	0.004	22.79	0.010	0.002	22.78	0.018	0.004
1	20.31	0.015	0.004	19.06	0.011	0.002	19.97	0.032	0.006
2	21.89	0.031	0.007	19.58	0.031	0.006	17.44	0.044	0.008
3	23.93	0.035	0.008	23.00	0.036	0.008	18.96	0.040	0.008
4	22.37	0.061	0.014	16.97	0.057	0.010	18.76	0.069	0.013
5	20.69	0.065	0.013	18.48	0.068	0.013	18.81	0.060	0.011
6	20.12	0.071	0.014	16.00	0.074	0.012	18.44	0.102	0.019
7	18.85	0.110	0.021	17.02	0.075	0.013	16.68	0.073	0.012
8	17.28	0.102	0.018	17.17	0.073	0.013	17.06	0.138	0.023

(Cont.)

TABLA 11 (Continuación)

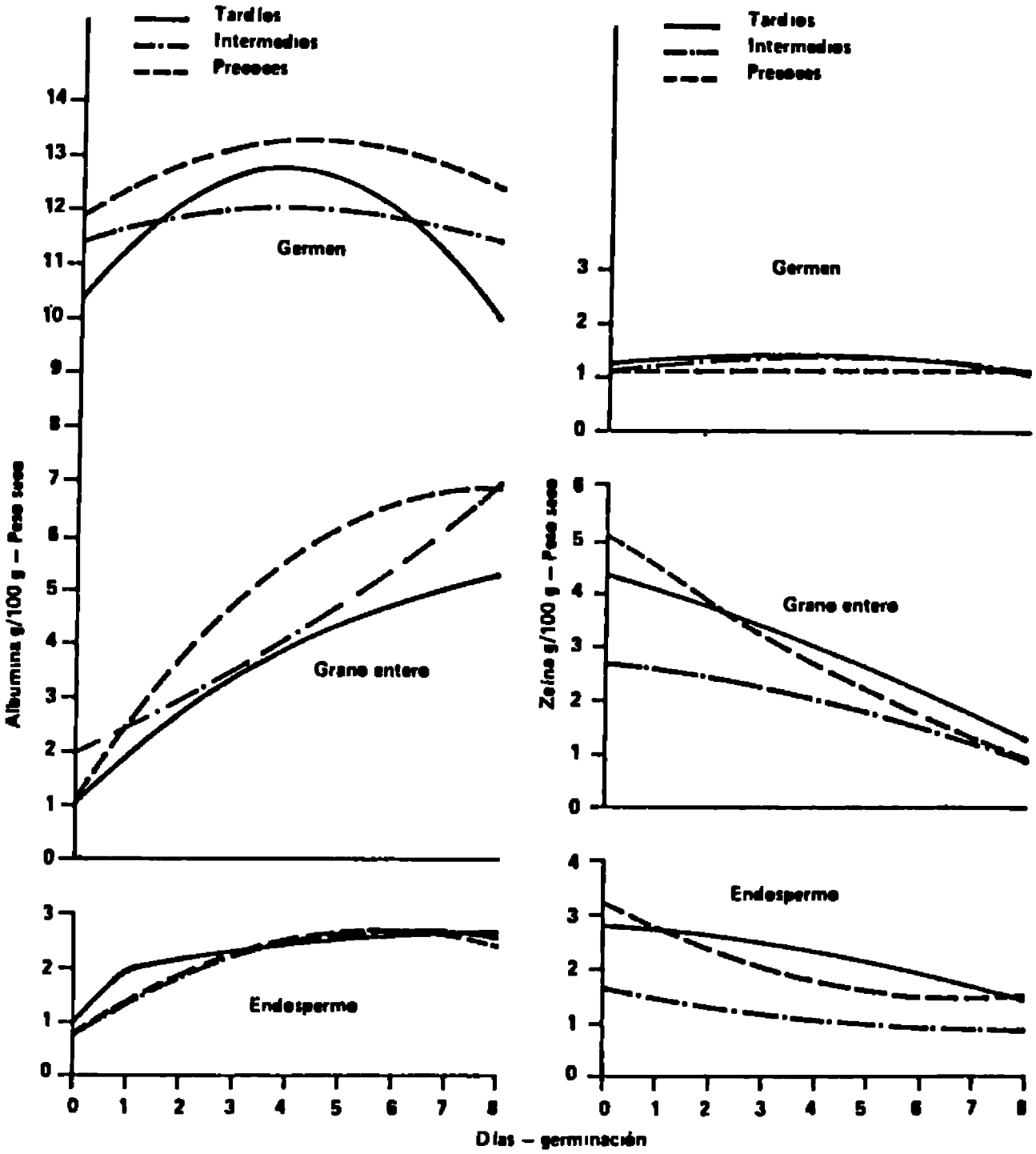
VARIEDADES TARDIAS

	AZOTEA			NK-991			COMPUESTO BLANCO		
0	23 08	0 025	0 006	24 96	0 010	0 003	21.59	0 015	0 003
1	17 92	0 042	0 008	24 84	0 014	0 004	18 66	0 021	0.004
2	19 42	0 048	0 009	22 92	0 018	0 004	21 42	0.031	0 007
3	19 82	0 046	0 017	24 71	0 015	0 004	22 82	0 025	0 008
4	20 46	0 084	0 017	24 54	0 030	0 007	17 37	0 061	0.011
5	20 02	0 085	0 017	22 37	0.027	0 006	19 26	0 065	0 013
6	19 19	0 067	0 013	21 94	0 036	0 008	17 24	0 071	0.012
7	19 18	0 089	0 017	20 27	0 047	0 010	16.14	0 110	0.018
8	16 12	0 090	0 013	22 02	0 059	0 013	19 16	0 102	0 018

VARIEDADES INTERMEDIAS

	ICTA B-1			TUXPEÑO O-2		
0	24 39	0 020	0 005	26 67	0 023	0 006
1	21 46	0 022	0 005	23 08	0 031	0 007
2	23 17	0 029	0 007	24 57	0 036	0 009
3	26 63	0.037	0 010	23.29	0 041	0 010
4	20 26	0 065	0 013	19 68	0.052	0 010
5	22.39	0 064	0 014	18 13	0 067	0 012
6	22 44	0 066	0 015	17.73	0 086	0 015
7	17.43	0 088	0 015	19.34	0 082	0 016
8	18 48	0 089	0 016	16 55	0 114	0 019

m s = materia seca
P T = proteina total
P S G = peso seco germen



FIGURAS 4 y 5

Cambios en el contenido de albúmina del maíz y sus fracciones durante la germinación

En el grano entero todos los ciclos presentan significancia al 5%, tanto para zeína como para albúmina.

En las Figuras 6 y 7 se presentan las curvas para triptofano y lisina, respectivamente. Puede observarse en ellas la tendencia similar que existe para los tres ciclos con respecto a lisina, no así para triptofano, cuyas curvas en el germen son algo diferentes; no

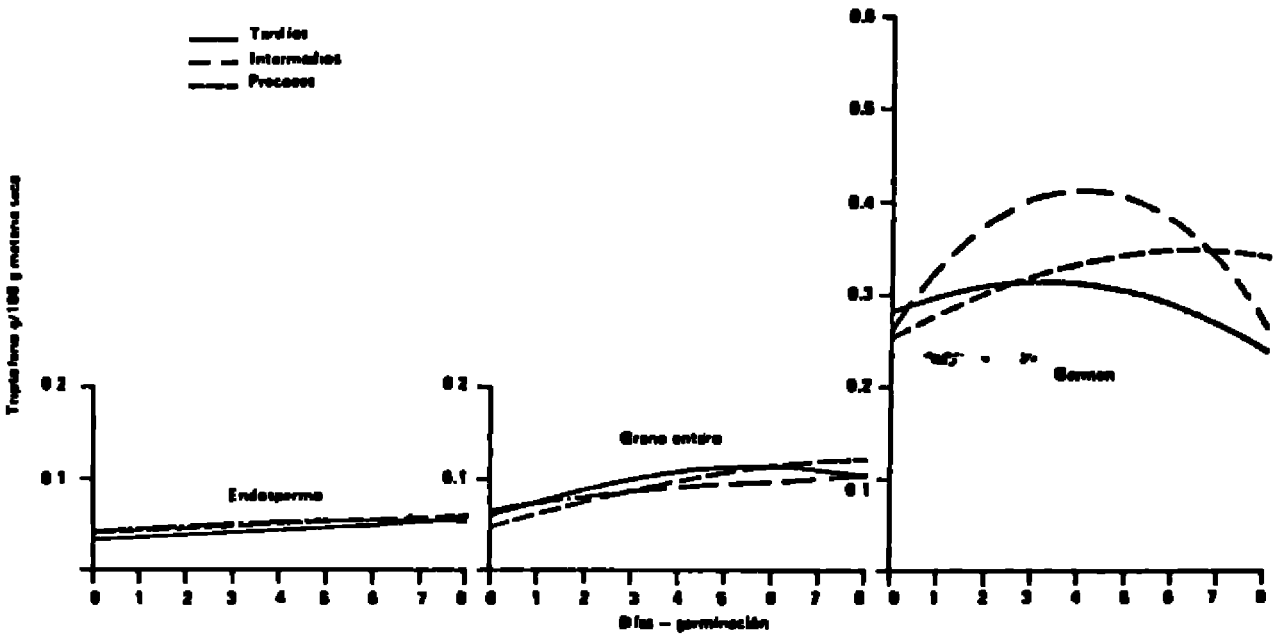


FIGURA 6

Cambios en el contenido de triptofano del maíz y sus fracciones durante la germinación

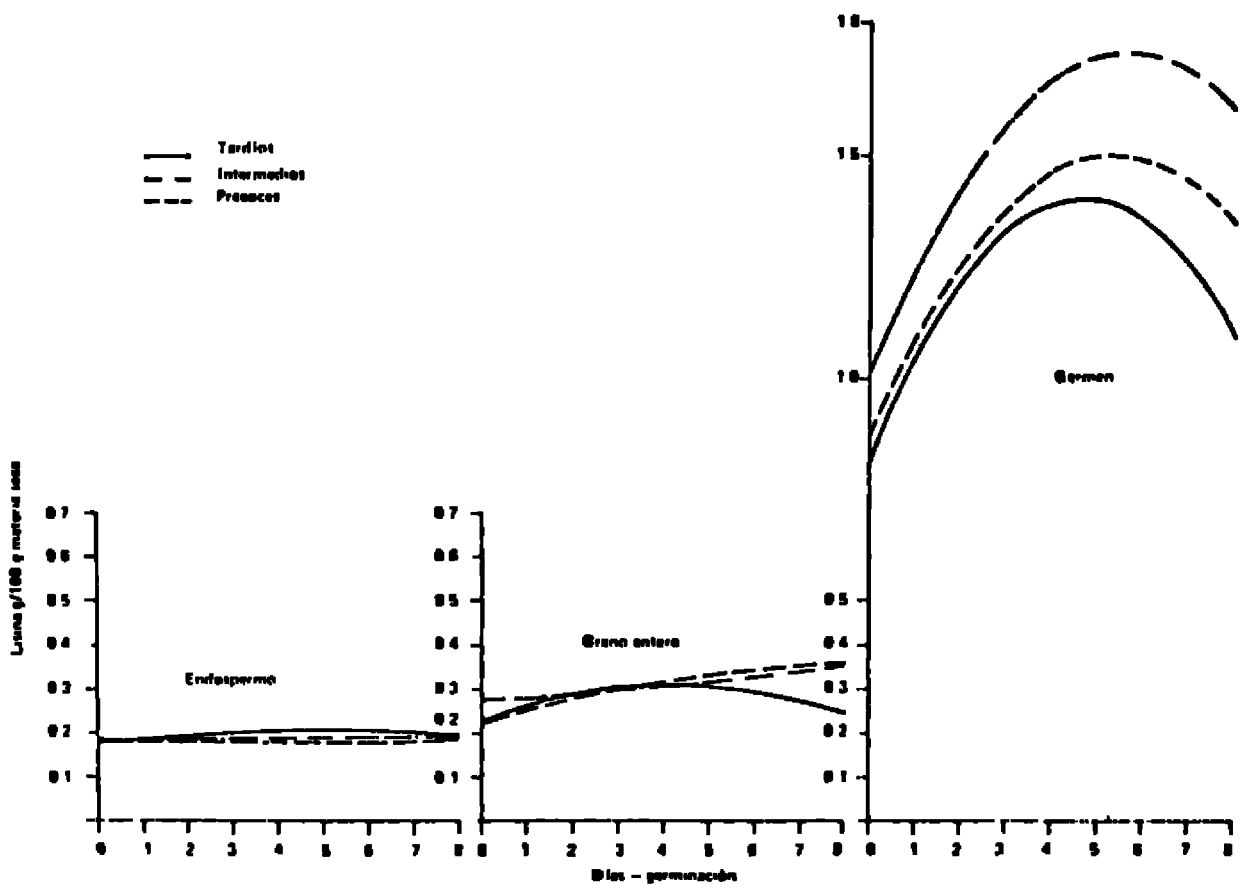


FIGURA 7

Cambios en el contenido de lisina en el grano de maíz y sus fracciones durante la germinación

obstante, se nota una misma tendencia para todas. En este caso no hay significancia para un 70% de las regresiones.

Algo muy significativo en las curvas es que los valores máximos, tanto para lisina como para triptofano en el germen y grano entero, se alcanzan durante el 4o. y 6o. día de germinación.

La Tabla 12 incluye valores de tipificación z (6), producto de los contrastes de los coeficientes de regresión entre los diferentes grupos de ciclo vegetativo en zeína.

TABLA 12

VALORES DE z PARA LA PRUEBA DE CONTRASTE DE SIGNIFICANCIA DE LOS COEFICIENTES DE REGRESION ENTRE CICLOS VEGETATIVOS· ZEINA/TIEMPO DE GERMINACION

Precoz-Tardío	Precoz-Intermedio	Tardío-Intermedio
G E. = 1.27 N S	G E. = 0 00 N S	G E. = 0 14 N S
E = 0 60 N S	E = 0 09 N S	E = 0 18 N S
G = 0 30 N S	G = 0.90 N S	G = 0 68 N S

G F = Grano entero
E = Endospermo
G = Germen
N S = No significativo (z 1 96)

En esta Tabla todos los valores de z resultan ser menores para el nivel de significancia ($P < 0\ 05$)

En la Tabla 13 se presenta un resumen de los datos para longitud de plúmula y radícula, y peso fresco y seco de endospermo y germen, así como el porcentaje de grasa en el germen durante el período de germinación.

DISCUSION

Casi todos los cambios físicos observados durante el proceso de germinación tuvieron un patrón similar en las ocho variedades estudiadas; asimismo, sus resultados concuerdan con los informados en la literatura (7, 8)

TABLA 13

RESUMEN DEL PROMEDIO DEL COMPORTAMIENTO DE TODOS LOS PARAMETROS MEDIDOS EN LAS OCHO VARIEDADES, DURANTE SU GERMINACION

Día	mm		g/grano				% Grasa
	L.P.	L.R.	P.F.E.	P.F.G.	P.S.E.	P.S.G.	
0	0	0	0 270	0 023	0.241	0.018	39 70
1	0	2 6	0 303	0.064	0 228	0 027	17 15
2	8 2	31 4	0.287	0 169	0.226	0 031	10 60
3	21.7	65 4	0 195	0 286	0.187	0 038	10 40
4	32.9	95 8	0.277	0.321	0 175	0 062	6 90
5	38 8	126 7	0 234	0.368	0 153	0 067	6.30
6	58 6	180 2	0 231	0 465	0 135	0 072	6.20
7	122 5	173 6	0 235	0 578	0.099	0 081	6 40
8	128.5	149 7	0 242	0 861	0 093	0 086	6 90

L P = Longitud de plúmula
L R = Longitud de radícula
P.F E = Peso fresco de endospermo
P.F G = Peso fresco de germen
P S F = Peso seco de endospermo
P.S G = Peso seco de germen

Asimismo, el comportamiento de la grasa en el germen también concuerda con la literatura citada, puesto que aquélla disminuye grandemente en los primeros días de la germinación, proporcionando la energía necesaria para los cambios físicos y químicos que se operan dentro del grano.

A pesar de la similitud de patrones de comportamiento de los aspectos citados, se observa variabilidad en algunos con respecto a las ocho variedades; así por ejemplo, el aumento de peso seco en el germen parece depender de la relación de dicha fracción con respecto al grano total, ya que a mayor proporción de esta fracción corresponde mayor aumento de peso seco.

En lo concerniente a los cambios químicos, algunos resultados concuerdan con la literatura citada y otros muestran algunas divergencias

En cuanto al comportamiento de la proteína total, de acuerdo con las significancias obtenidas para las regresiones, se observan cambios marcados, y es clara la disminución de la proteína total en el endospermo y el germen, lo que no ocurre en el grano entero, en el cual aumenta. Esto parece estar muy relacionado con el incremento de peso seco en el germen, puesto que al obtener el resultado de contenido de proteína total por unidad de germen, el aumento de la misma es alto; ésta es la razón por la cual en el grano entero se aprecia un aumento de la proteína total; sin embargo, esto sólo es comprensible si se toma en cuenta el hecho de que el aumento de peso del grano entero es menor que el del germen, el cual muestra un aumento de peso seco de más de 500% sobre su peso inicial.

Lo expuesto concuerda con estudios previos (9), y confirma que la proteína que se pierde en el endospermo puede ser transferida al germen y en éste ser utilizada rápidamente por el metabolismo inicial de la plántula.

Respecto a las fracciones de la proteína, existe consenso en cuanto al comportamiento de la zeína, la cual disminuye durante el proceso de germinación, aspecto sobre el cual han informado numerosos investigadores (2, 10), notándose esta disminución en la fracción endospermo, no así en el germen, donde por haber bajos niveles iniciales de zeína, ésta no varía durante el proceso de germinación Asimismo, la fracción globulina muestra un decrecimiento durante la germinación, pero no en todas las fracciones físicas del grano, ya que en el endospermo permanece estable mientras que en el germen disminuye en proporción considerable.

Sin embargo, el comportamiento de la fracción glutelina es bastante interesante y difícil de explicar, ya que en algunas variedades decrece, en otras aumenta, y en algunas permanece estable. En lo único que es uniforme es en el decrecimiento que se observa en el endospermo, decrecimiento que concuerda con los datos informados por Ingle, Beevers y Hageman (9). En sus estudios, se le confiere importancia a este aspecto por estar muy vinculado con la síntesis de una pequeña cantidad de ácidos nucleicos a partir del 2o. día de germinación; en este período empieza a hacerse notoria la disminución de la glutelina, por lo que es posible que esta fracción sea degradada en su contenido de aminoácidos libres y éstos sean utilizados como fuente de nitrógeno que formará los nuevos nucleótidos.

A diferencia de su comportamiento en el endospermo, la fracción glutelina en el germen es bastante variable. Dicha fracción es

la que contribuye a la variabilidad en el contenido de esta proteína en el grano entero, pues al aumentar en el germen también aumenta en el grano, confirmándose así lo expuesto anteriormente con respecto a la fuente de nitrógeno que utilizan los ácidos nucleicos que se sintetizan en el endospermo.

La fracción albúmina tiende a aumentar en el endospermo, mientras que en el germen muestra un comportamiento parabólico atenuado, observándose los mayores aumentos entre el 4o. y 5o. día de germinación. De acuerdo a la relación inversa que se observa entre el comportamiento de la zeína y la albúmina en el endospermo, así como el comportamiento de las mismas en el germen, en el que la zeína permanece estable durante todo el período de germinación, es posible que durante este período ocurra una síntesis de albúmina a expensas de la zeína. En otras palabras, los aminoácidos libres procedentes de la degradación de la zeína pueden ser utilizados para la formación de este tipo de polipéptido.

El comportamiento de los aminoácidos lisina y triptofano también se muestra acorde con investigaciones previas, tales como las realizadas por Tsai, Dalby y Jones (2). Asimismo, al analizar su comportamiento en las distintas fracciones del grano, la relación entre la disminución de la zeína y el aumento de estos aminoácidos concuerda con lo informado por Tsai, Dalby y Jones (2) No obstante, ningún resultado de las ocho variedades estudiadas muestra concordancia con los estudios preliminares realizados en el INCAP. Es más, las pruebas de concordancia demuestran que no hay diferencia entre variedades según el ciclo vegetativo.

Al tratar de relacionar los aminoácidos, la fracción albúmina y la fracción zeína, podemos apreciar una confirmación de la hipótesis de que la degradación de la zeína sirve de base para la síntesis de albúmina, ya que en el endospermo se cumple la siguiente relación: a menor zeína, mayor albúmina y, por lo tanto, mayor cantidad de aminoácidos lisina y triptofano (aminoácidos que se encuentran en mayor proporción en la albúmina). En contraste, en el germen existe estabilidad de la zeína debido a sus bajos niveles, pero el comportamiento de albúmina y aminoácidos es inestable. Esto nos lleva a especular que la zeína no es trasladada al germen como tal, sino antes es degradada, y sus aminoácidos libres sirven de sustrato para sintetizar proteína de mejor calidad, tal como la albúmina, y en esta forma es trasladada la reserva del endospermo al embrión para su utilización inmediata.

SUMMARY

RELATIONSHIP OF LYSINE AND TRYPTOPHAN CONTENT WITH THAT OF ZEIN DURING GERMINATION OF CORN GRAIN, AND ITS POSSIBLE ENTAILMENT WITH THE VEGETATIVE CYCLE OF THE PLANT

This work was carried out to determine the changes that occur in corn during germination With this purpose in mind, grains from 8 varieties of this cereal, 5 from the lowlands and 3 from the highlands of Guatemala, were allowed to germinate for a period of 8 days Samples were taken every 24 hours, dried, defatted and analyzed for total protein; then the different protein fractions were separated and quantified according to solubility in water, NaCl 0 5 M, 70% ethanol and NaOH 0 01 M, respectively. Lysine and tryptophan were determined in the whole grain, in the germ and in the endosperm

Results indicated that total protein increased in the whole grain and decreased in both the endosperm and in the germ. Protein fractionation showed that during germination concentration of prolamines and glutelins decreased, while the globulin fraction remained almost constant. Results also showed that the concentration of albumin increased significantly, especially during the 4th and 5th day of germination. Changes in lysine and tryptophan concentration were related to the protein concentration in the different anatomical fractions in the endosperm and whole grain the concentration of lysine and tryptophan follows the changes observed in prolamine concentration In both cases, the albumin content was directly related to the concentration of the two amino acids On the basis of these results, it is proposed that degradation of zein serves as the basis for albumin synthesis.

BIBLIOGRAFIA

1. Bressani, R La importancia del maíz en la nutrición humana en América Latina y otros países En: Mejoramiento Nutricional del Maíz Ricardo Bressani, J. Edgar Braham y Moisés Béhar (Eds) Memorias de una conferencia de nivel internacional celebrada en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), en la ciudad de Guatemala, del 6 al 8 de marzo de 1972. Guatemala, Talleres Gráficos del INCAP, 1972, p 5-30
2. Tsai, C Y , A Dalby & R A Jones Lysine and tryptophan increases during germination of maize seed Cereal Chem , 52. 356-360, 1975
3 Osborne, T B. The Vegetable Proteins 2nd ed New York, Longmans, 1924

4. Núñez, E. Efecto de Varios Solventes sobre la Extracción de las Diferentes Fracciones Proteínicas del Frijol y Digestibilidad de las Mismas. Tesis *Magister Scientificae* en Ciencias y Tecnología de Alimentos. Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia/INCAP. Guatemala, C.A , enero de 1975.
5. Villegas, E & E. T. Mertz Métodos químicos usados en el CIMMYT para determinar la calidad de la proteína del maíz México, D F., CIMMYT, 1971. (Folleto de Investigación No. 20)
6. Downie, N. M. & R. W. Heath. Métodos Estadísticos Aplicados (Traducción y adaptación del inglés al castellano de J. P. Vilaplana y A. Gutiérrez Vásquez) México, Harper & Row Publishers, Inc , 1976, p. 247-257
7. Berger, J. El maíz, su producción y abonamiento Agricultura de las Américas (EE UU), 16 205, 1967
8. James, W. O Introducción a la Fisiología Vegetal. Barcelona, España, Ediciones Omega, S A., 1967, 450 p
9 Ingle, J , L Beevers & R H. Hageman Metabolic changes associated with the germination of corn I Changes in weight and metabolites and their redistribution in the embryo axis, scutellum and endosperm. Plant Physiol , 39: 735-740, 1964
10 Ingle, J , D Beitz & R H Hageman Changes in composition during development and maturation of maize seeds Plant Physiol , 40· 835-839, 1965.