

CAPITULO 5. RESULTADOS

5.1. Análisis proximal

Los valores obtenidos en los análisis químicos se presentan en la tabla 5.1. Se puede observar que las diferentes variedades presentan un contenido de humedad igual o menor al 15.5%, requisito necesario para ser aceptable a nivel comercial de acuerdo con la FAO. Las muestras en general contienen un bajo porcentaje de fibra y grasas y un nivel elevado de proteínas. El contenido de carbohidratos se determinó a partir de la diferencia de los otros componentes y las variedades analizadas presentan un alto contenido de éstos.

Tabla 5.1. Resultados del análisis químico proximal expresados en porcentaje

Muestra	Humedad	Cenizas	Grasas	Fibra	Nitrógeno proteico	Carbohidratos
1	-----	1.55	2.43	2.72	13.43	-----
2	-----	1.43	2.52	3.91	10.43	-----
3	-----	1.56	4.19	4.49	10.73	-----
4	-----	1.20	2.40	2.74	7.57	-----
5	-----	1.66	3.70	2.11	10.22	-----
6	9.44	1.44	5.43	1.62	12.06	70.01
7	9.80	1.25	2.38	1.94	12.43	72.20
8	9.95	1.42	5.47	4.83	11.45	66.88
9	10.37	1.40	3.57	2.30	13.41	68.95
10	9.35	1.36	2.78	4.82	11.05	70.64
11	9.85	1.12	2.25	2.42	10.57	73.79
12	9.70	1.13	1.64	1.21	8.55	77.77
13	10.62	1.47	4.19	2.99	13.46	67.27
14	-----	1.34	3.76	1.63	7.58	-----
15	10.75	1.40	2.11	2.20	10.68	72.86
16	11.60	1.34	2.57	3.00	10.75	70.74
17	10.36	1.06	1.23	3.70	10.54	73.11
18	9.03	1.45	2.36	3.36	8.75	75.05
19	10.99	1.11	2.01	3.12	9.07	73.70
20	11.09	2.36	3.07	3.42	8.26	71.80
21	9.60	1.98	3.02	1.59	9.82	73.99
22	9.75	1.33	2.42	2.73	10.27	73.50
23	10.57	1.34	1.55	2.10	9.62	74.84
24	11.54	1.31	2.27	3.34	8.93	72.61
25	15.52	1.29	1.12	3.45	10.29	68.33
Rango	9.35 - 15.52	1.06- 2.36	1.12 - 5.47	1.21 - 4.83	7.57 - 13.46	66.88 - 78.05
Promedio	10.52	1.41	2.81	2.87	10.39	72.00

5.2. Contenido de Xantofilas

A continuación se muestran los cromatogramas superpuestos de las inyecciones en el cromatógrafo de líquidos para cada una de las diferentes concentraciones de los estándares, donde se puede observar la disminución en la concentración y los tiempos de retención para cada uno. Posteriormente, se presentan las curvas de calibración elaboradas en cada caso.

Figura 5.1. Cromatogramas de las diferentes concentraciones de luteína y zeaxantina

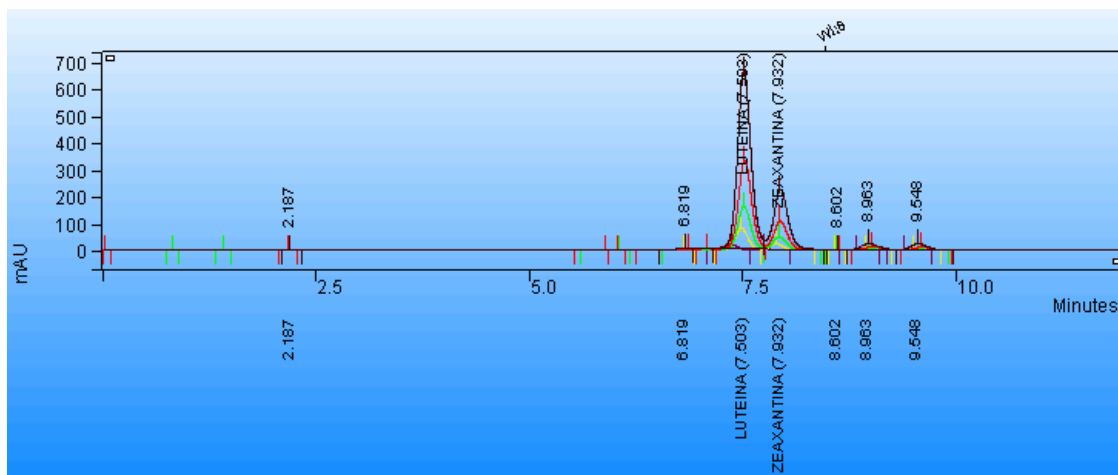


Figura 5.2 Curva de calibración para la luteína

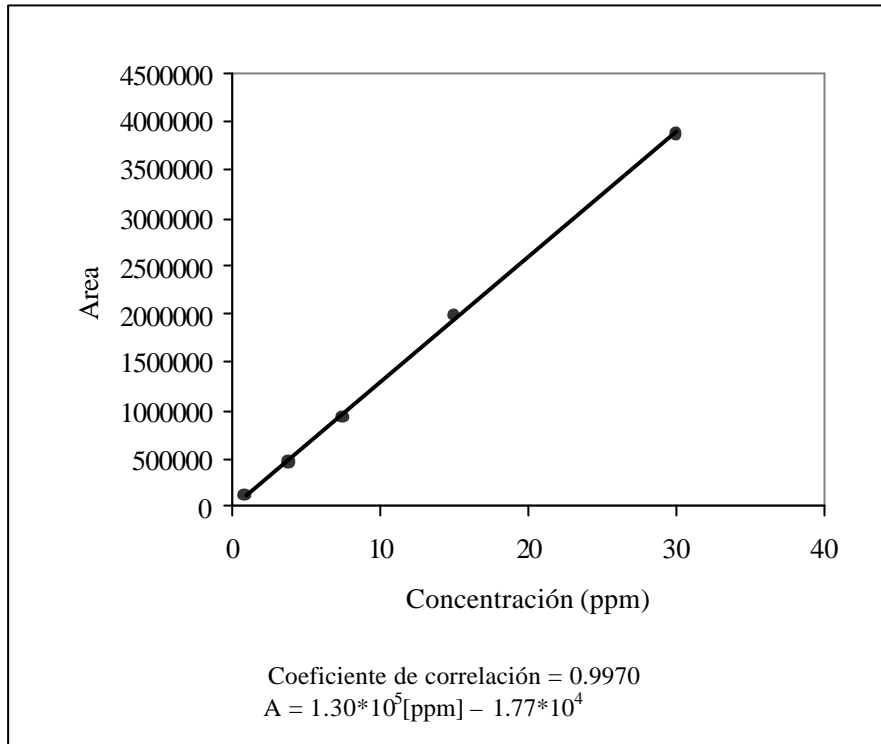
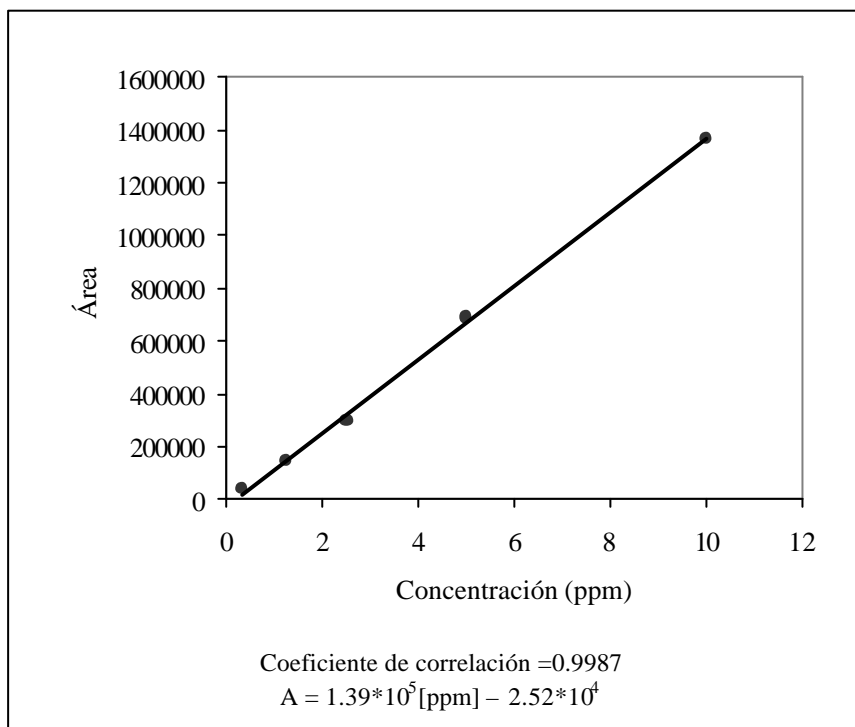
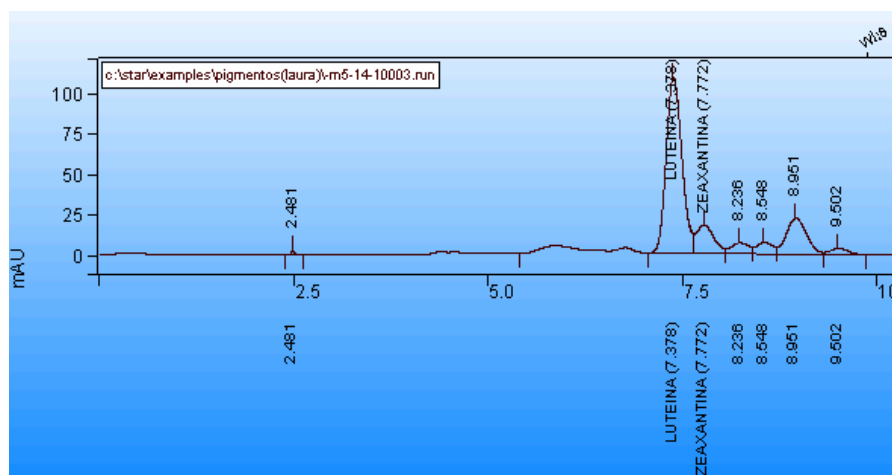


Figura 5.3. Curva de calibración para la zeaxantina



Todas las muestras se comportaron de acuerdo al mismo patrón de picos de los estándares cuando se analizaron por HPLC, por lo cual solo se presentará uno de los cromatogramas típicos obtenidos durante el análisis.

Figura 5.4. Cromatograma representativo del análisis de xantofilas



En la tabla 5.2 se pueden ver la concentración promedio y la desviación estándar de luteína y zeaxantina obtenidas a partir de las cuatro réplicas para cada una de las variedades analizadas. El análisis de varianza (ver Apéndice A) reveló que hay diferencias significativas en el contenido de ambos pigmentos entre las diferentes variedades; siendo las variedades amarillas las que los contienen en mayor cantidad. No se presentan diferencias en cuanto al ciclo de cultivo, pero sí en cuanto al régimen de humedad, siendo las variedades de temporal las que tienen menor cantidad de xantofilas.

Tabla 5.2. Resultados del análisis de xantofilas

Muestra	Luteína (mg/g)	Zeaxantina (mg/g)
1	9.14 ± 0.29	7.43 ± 0.46
2	6.50 ± 1.32	6.50 ± 1.02
3	9.80 ± 3.24	1.95 ± 0.81
4	9.61 ± 0.73	9.28 ± 0.94
5	10.87 ± 0.99	2.57 ± 0.27
6	4.41 ± 0.22	0.98 ± 0.05
7	5.54 ± 0.23	4.16 ± 0.15
8	4.20 ± 0.17	0.92 ± 0.11
9	4.64 ± 0.32	0.62 ± 0.16

10	5.26 ± 0.84	2.52 ± 0.81
11	3.59 ± 0.14	9.19 ± 0.84
12	5.77 ± 0.29	3.93 ± 0.51
13	4.03 ± 1.35	0.82 ± 0.05
14	10.66 ± 1.03	1.36 ± 0.06
15	0.09 ± 0.009	0.08 ± 0.009
16	0	0
17	7.71 ± 0.73	1.01 ± 0.10
18	5.59 ± 0.12	1.02 ± 0.19
19	0.15 ± 0.06	0.12 ± 0.04
20	0.54 ± 0.28	0.35 ± 0.24
21	0.43 ± 0.06	0
22	0.18 ± 0.01	0.12 ± 0.02
23	0.20 ± 0.03	0.10 ± 0.01
24	0.13 ± 0.007	0.10 ± 0.001
25	0.08 ± 0.0004	0.08 ± 0.0004

5.3. Contenido de Aminoácidos y Calidad de las Proteínas

A continuación se muestran los cromatogramas superpuestos de las distintas concentraciones de aminoácidos y posteriormente se presentan las curvas de calibración elaboradas para cada uno.

Figura 5.5. Cromatogramas de diferentes concentraciones de lisina, isoleucina, metionina y triptofano

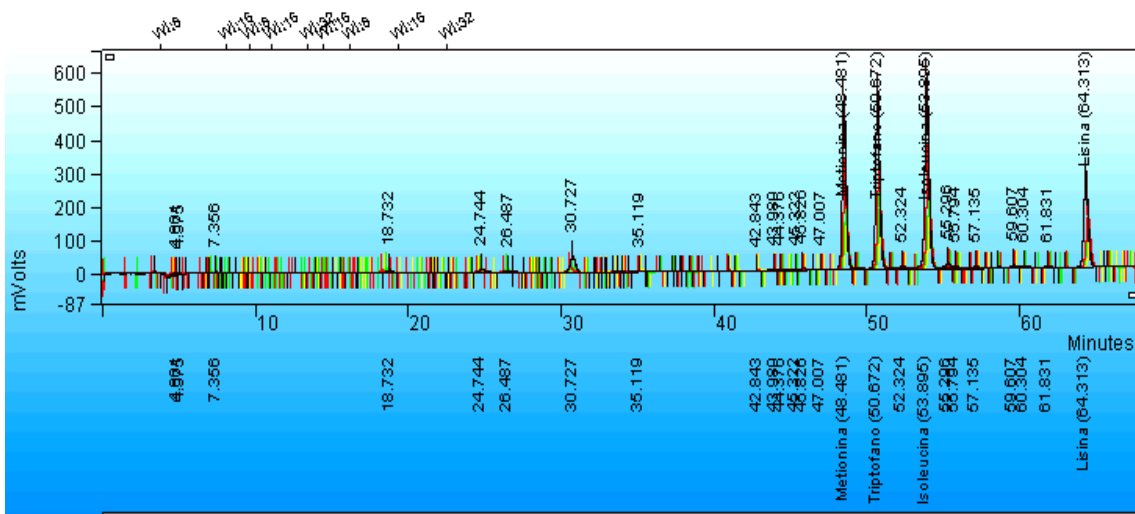


Figura 5.6. Cromatogramas de las diferentes concentraciones de metionina sulfona

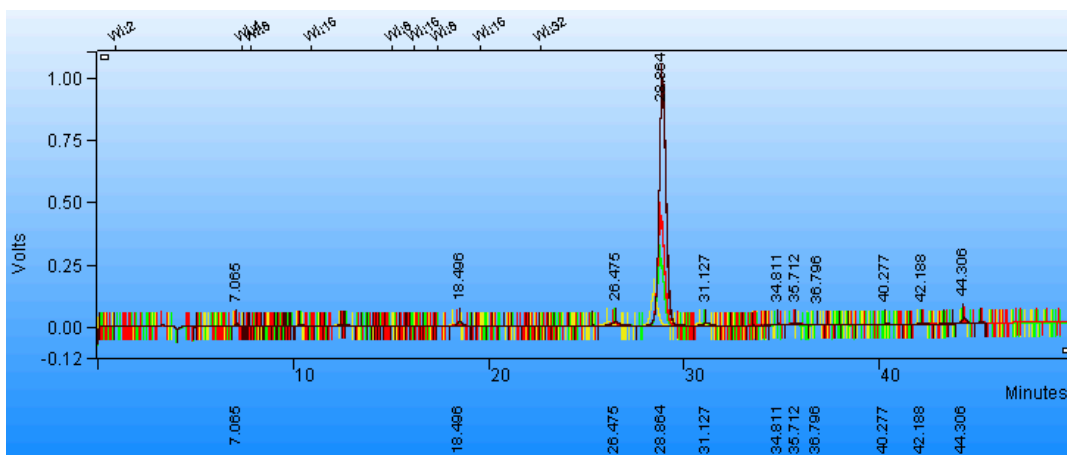


Figura 5.7. Curva de calibración para la metionina

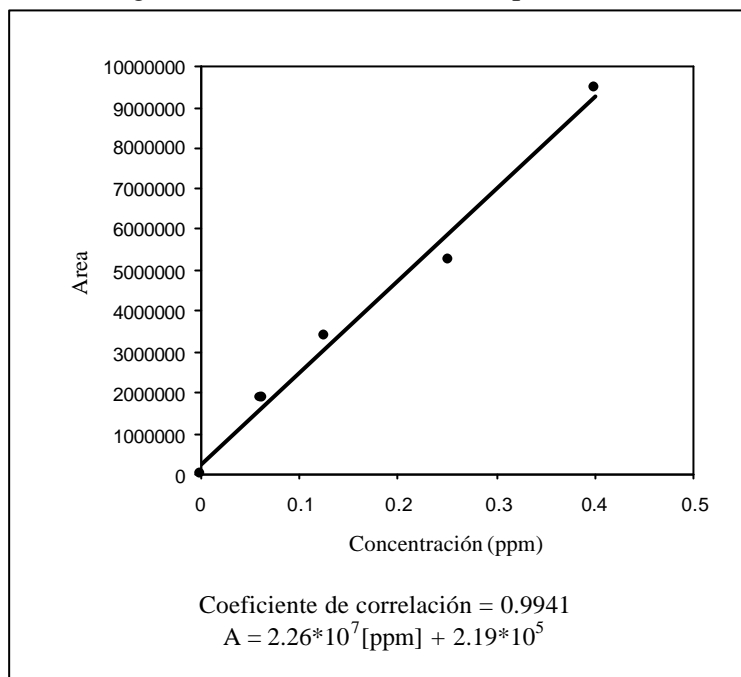


Figura 5.8. Curva de calibración para el triptofano

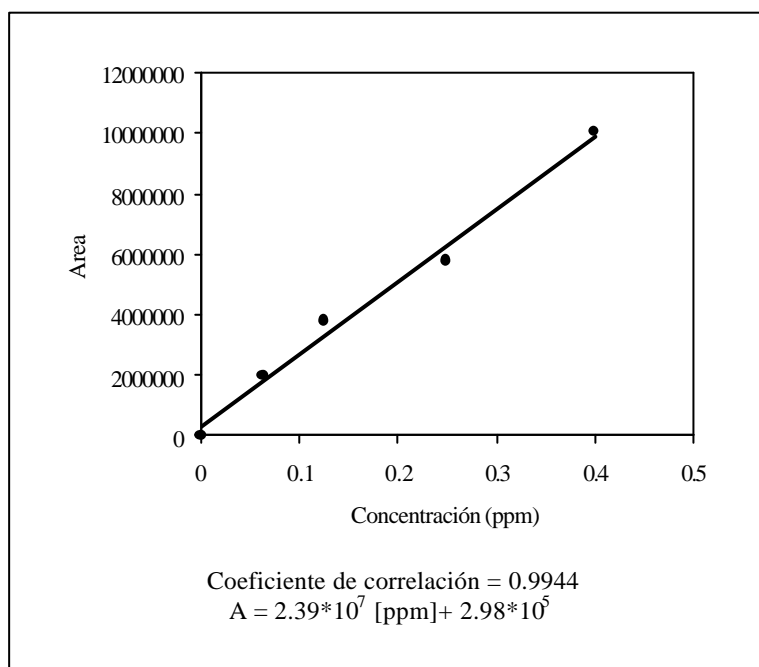


Figura 5.9. Curva de calibración para la isoleucina

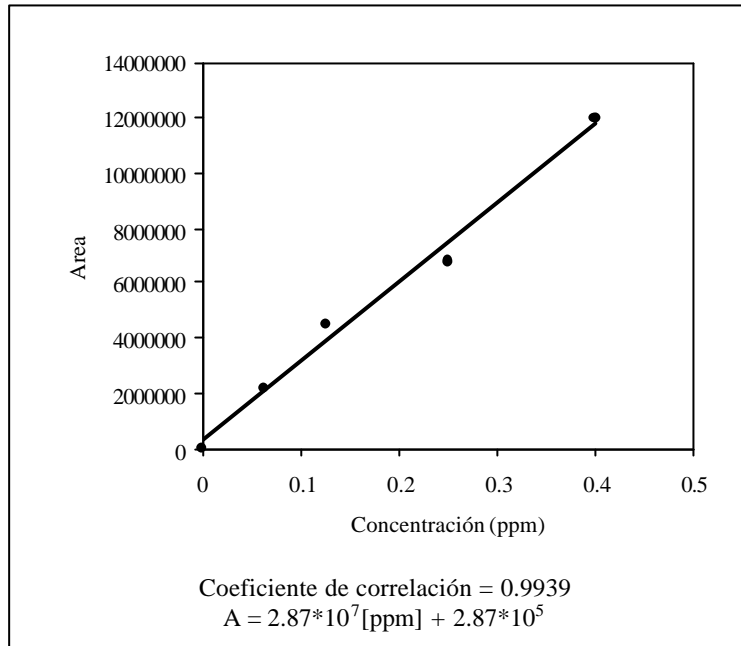


Figura 5.10. Curva de calibración para la lisina

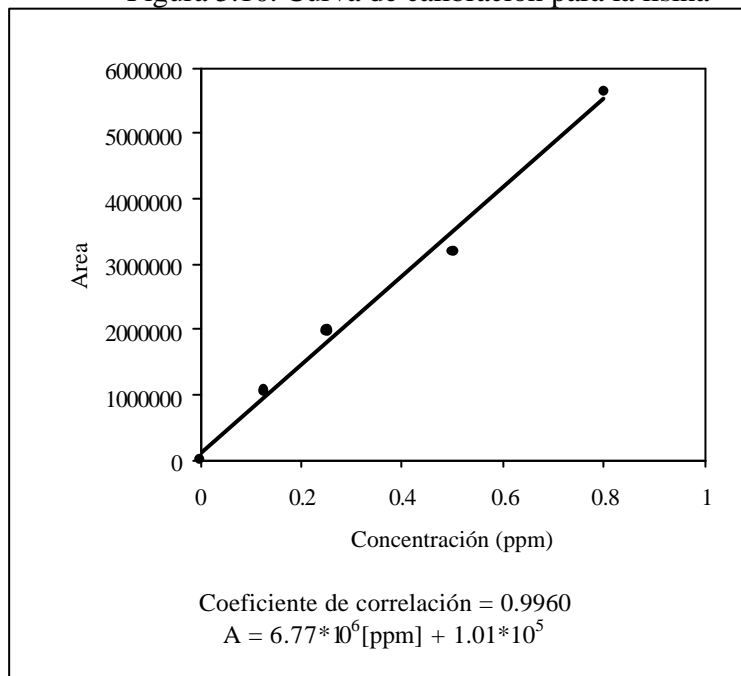
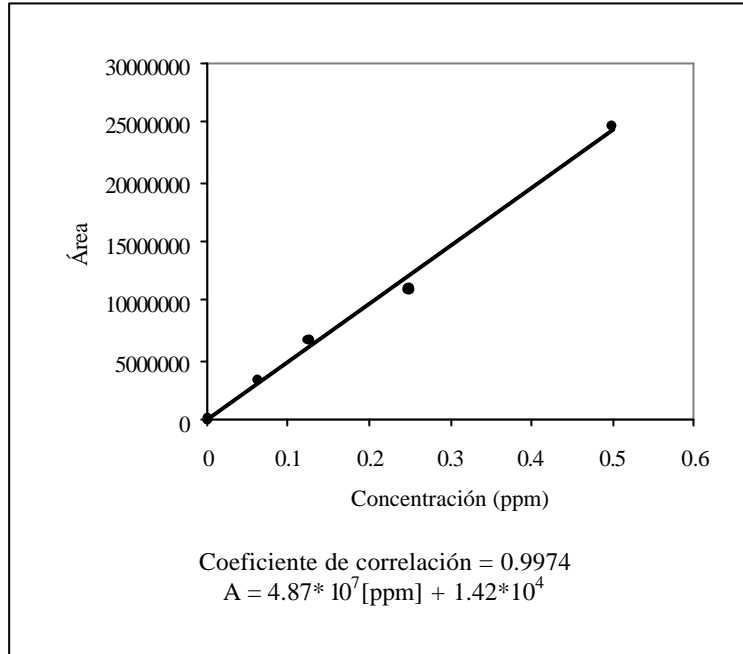
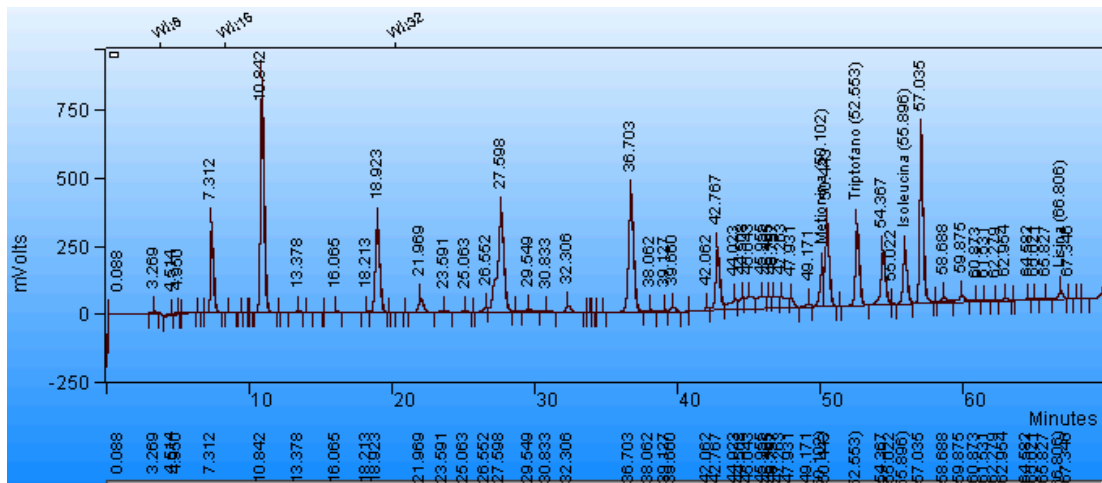


Figura 5.11. Curva de calibración para la metionina sulfona



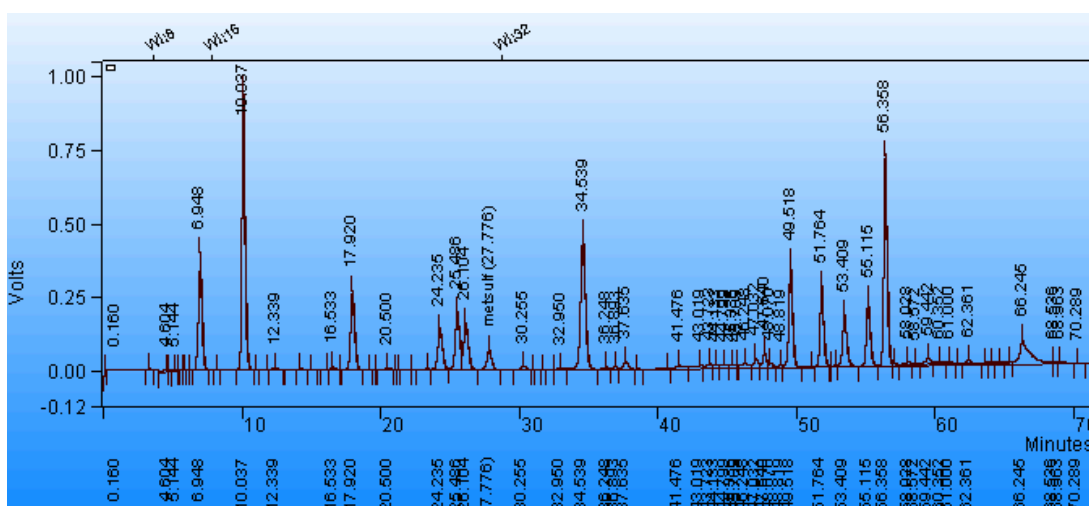
En la hidrólisis ácida, la lisina se recuperó en un 83.8% por lo que los resultados se multiplicaron por un factor de 1.19. Los resultados de la isoleucina se multiplicaron por 1.06 porque se recuperó un 93.6% (ver figura 5.12).

Figura 5.12. Cromatograma representativo de los aminoácidos extraídos mediante hidrólisis ácida.



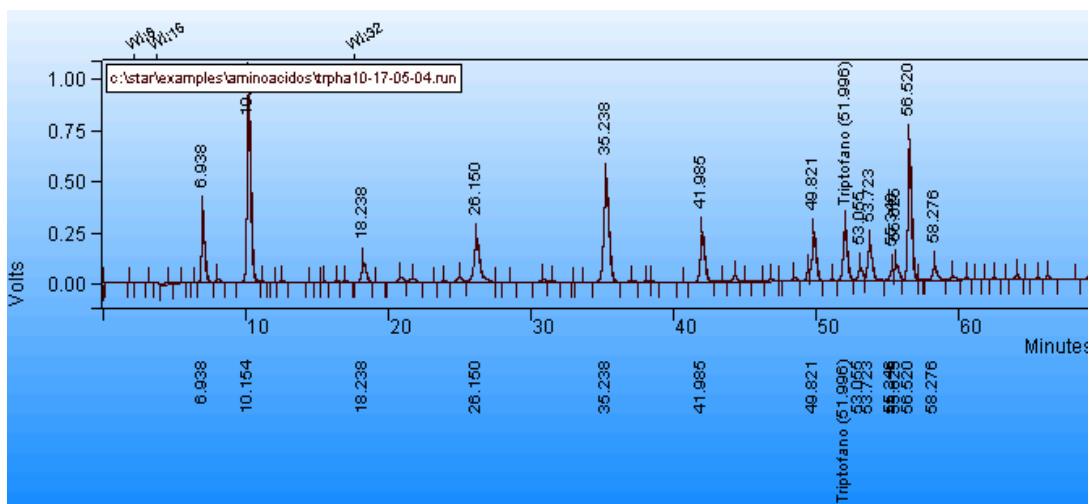
En la hidrólisis del estándar y las muestras se observó que apareció claramente un pico correspondiente a la metionina por lo que se decidió comparar los resultados de la hidrólisis ácida con algunos obtenidos mediante la oxidación con ácido perbórico y se encontró que eran muy similares (ver figura 5.13). Por este motivo, se decidió calcular el contenido de metionina a partir de los resultados de la hidrólisis ácida, multiplicándolos por 1.06, ya que se recuperó un 93.6% de este aminoácido.

Figura 5.13. Cromatograma representativo de los aminoácidos extraídos mediante oxidación con ácido perbórico y posterior hidrólisis ácida.



En el caso del triptofano, se encontró que su degradación durante la hidrólisis ácida no era completa, por lo que se compararon con algunas de las muestras y un estándar que se extrajeron mediante hidrólisis alcalina (ver figura 5.14). Al observar que se obtenía determinaciones precisas calculando el contenido de triptofano con los reportes obtenidos con la hidrólisis ácida, los resultados se calcularon empleando un factor de 1.18 (porcentaje de recuperación 84.5%).

Figura 5.14. Cromatograma representativo de los aminoácidos extraídos mediante hidrólisis alcalina.



En la tabla 5.3 se presentan las concentraciones promedio de aminoácidos encontradas para cada una de las muestras analizadas. El análisis de varianza (ver Apéndice B) reveló que se presentaron diferencias significativas en el contenido de cada uno de los aminoácidos entre las muestras analizadas. Las variedades amarillas y negras presentaron una mayor cantidad de aminoácidos que las rojas, mientras que no hubo diferencias significativas entre las primeras. La modalidad de riego fue importante para el triptofano y la isoleucina, pero no para la metionina o la lisina. En los maíces cultivados en 2002 hubo una mayor cantidad de metionina que en los cultivados en el 2003, mientras que para los demás aminoácidos no se presentaron diferencias significativas entre los dos años.

Tabla 5.3. Concentración de aminoácidos en las variedades analizadas

Muestra	mg Lys	Mg Ile	Mg Met	Mg Trp
1	1.29	1.41	0.58	0.22
2	0.45	1.39	0.55	0.22
3	0.63	1.32	0.74	0.23
4	0.75	1.13	0.47	0.15
5	1.03	1.14	0.26	0.18
6	1.07	1.55	0.55	0.29
7	1.33	1.79	0.89	0.19
8	0.87	1.66	0.77	0.26
9	0.92	1.47	0.90	0.22

10	0.57	1.29	0.71	0.25
11	1.09	1.08	0.84	0.19
12	1.24	1.11	0.64	0.18
13	1.55	1.74	0.86	0.26
14	0.76	0.71	0.56	0.12
15	1.09	1.14	0.61	0.18
16	1.21	1.24	0.53	0.16
17	1.11	1.20	0.59	0.17
18	1.00	0.92	0.54	0.13
19	1.19	0.91	0.61	0.18
20	0.90	0.91	0.29	0.14
21	0.70	0.69	0.47	0.15
22	0.57	0.43	0.31	0.09
23	1.19	0.85	0.51	0.15
24	0.82	1.04	0.44	0.16
25	0.90	1.37	0.52	0.21

A continuación (Tabla 5.4), las concentraciones de aminoácidos se expresan en términos de la concentración de proteínas para cada una de las variedades.

Tabla 5.4. Concentración de aminoácidos con respecto al contenido de proteínas

Muestra	Mg/gN Lys	mg/gN Ile	mg/gN Met	mg/gN Trp
1	32.07	35.11	14.53	5.55
2	14.56	44.64	17.68	7.18
3	19.54	41.22	23.01	7.06
4	33.16	49.99	20.80	6.62
5	33.72	37.17	8.55	5.83
6	29.75	42.99	15.20	7.93
7	35.84	48.24	24.04	5.19
8	25.30	48.46	22.49	7.65
9	22.85	36.48	22.41	5.59
10	17.39	39.17	21.36	7.71
11	34.38	34.15	26.63	6.11
12	48.60	43.34	25.07	7.03
13	38.58	43.28	21.40	6.57
14	33.60	31.16	24.66	5.15
15	34.02	35.60	19.08	5.70
16	37.51	38.57	16.56	5.04
17	35.22	38.03	18.58	5.56
18	38.24	35.16	20.51	4.90
19	43.83	33.66	22.58	6.71
20	36.42	37.08	11.87	5.54

21	23.90	23.44	16.28	5.06
22	18.66	14.06	10.07	3.09
23	41.46	29.41	17.72	5.25
24	30.99	38.86	16.46	6.03
25	29.30	44.46	17.15	6.75

Con los resultados presentados de esta manera se puede evaluar la calidad de las proteínas para cada aminoácido cuantificado con respecto a su contenido en la proteína de referencia de la FAO (Tabla 5.5). Con los siguientes datos se puede observar que las proteínas son deficientes en lisina y triptofano, mas no en isoleucina y metionina.

Tabla 5.5. Puntuación química con respecto a la proteína de referencia de la FAO

Muestra	Lisina	Isoleucina	Metionina ^a	Triptofano
1	0.59	0.88	0.41	0.58
2	0.27	1.11	0.50	0.75
3	0.36	1.03	0.65	0.73
4	0.61	1.25	0.59	0.69
5	0.62	0.93	0.24	0.61
6	0.55	1.07	0.43	0.83
7	0.66	1.20	0.68	0.54
8	0.46	1.21	0.63	0.79
9	0.42	0.91	0.63	0.58
10	0.32	0.98	0.60	0.80
11	0.63	0.85	0.76	0.64
12	0.89	1.08	0.71	0.73
13	0.71	1.08	0.61	0.68
14	0.61	0.78	0.70	0.54
15	0.62	0.89	0.54	0.59
16	0.69	0.96	0.47	0.52
17	0.65	0.95	0.53	0.58
18	0.70	0.88	0.58	0.51
19	0.80	0.84	0.64	0.70
20	0.67	0.93	0.34	0.58
21	0.44	0.58	0.46	0.53
22	0.34	0.35	0.28	0.32
23	0.76	0.73	0.50	0.55
24	0.57	0.97	0.47	0.63
25	0.54	1.11	0.49	0.70

^a Con respecto al total de aminoácidos que contienen azufre