

IV RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 PROPIEDADES FISICAS DE LOS HIBRIDOS DE TOMATE, *Lycopersicon esculentum* Mill., ROCÍO Y ALCUDIA.

4.1.1 Análisis Estadístico.

El análisis estadístico aplicado a los datos obtenidos de los análisis fisicoquímicos, mostró que no existen diferencias significativas entre los dos híbridos Rocío y Alcudia. Sin embargo, si se presentan diferencias significativas entre cada uno de los estados de desarrollo y maduración analizados (ver sección Anexos).

4.1.2 Color de los frutos.

Del análisis visual de los frutos de los dos híbridos de tomate , *Lycopersicon esculentum* Mill., Alcudia y Rocío realizado por consenso se estableció una escala de color a la cual se le asignó valores de 0 a 4. El valor de cero corresponde a frutos en estado inicial de desarrollo (tamaño pequeño, color verde de su cáscara) hasta el punto óptimo de cosecha establecido por los cultivadores y que corresponde al color 4, (Figura 3), a partir del cual se continúan los análisis hasta 14 días después de cosecha o inicio de la senescencia de los frutos de tomate. Es importante resaltar que hay un cambio de color que es muy importante para los agricultores y es cuando los frutos inician el cambio de color verde a rojo, denominado en el argot popular “pintando estrella” debido a que el color rojo inicia su aparición haciendo una estrella en la parte apical del fruto.

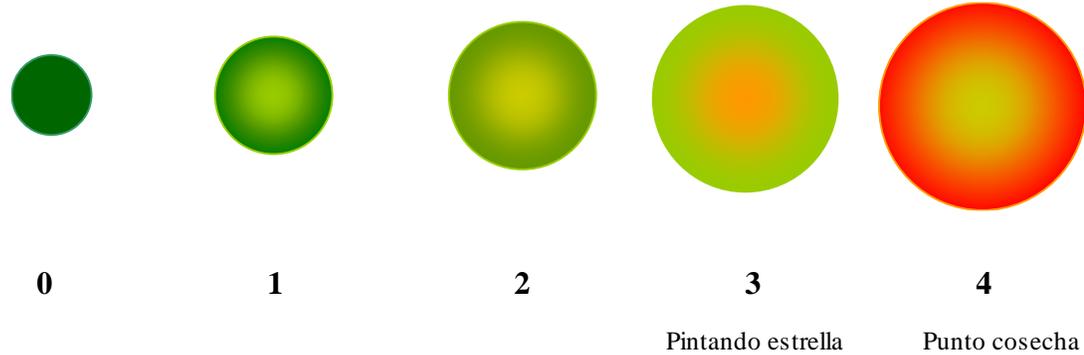


Figura 3. Carta de color por consenso, para híbridos de tomate, *Lycopersicon esculentum*, Rocío y Alcudia (Naranjo J. M. y Saenz E.E., 2001).

El valor de cero fue asignado a frutos en estado inicial de desarrollo antes de llegar a la madurez fisiológica, (estados 0, 1 y 2). En estos frutos, especialmente en el estado 2 los pigmentos verdes de la cáscara y pulpa, tales como la clorofila y la xantofila, apenas están iniciando su proceso de degradación para dar paso a la aparición del color rojo indicativo del avance de la maduración. En el estado 3, los frutos de tomate han alcanzado su madurez fisiológica, denominado ‘pintando estrella’(60% de color rojo de la piel) y puesto que el tomate es un fruto climatérico, podría cosecharse en este estado; sin embargo, los agricultores prefieren dejar unos días más (85% de color rojo) el fruto en la planta para que avance más el proceso de maduración.

La secuencia de cambios en los pigmentos ha sido muy estudiada. Normalmente, la clorofila de los frutos es reemplazada por carotenos oxigenados y xantofilas. El fitoflueno, el cual es incolor, incrementa durante la madurez, mientras que los picos de β -carotenos un poco antes completan el desarrollo del color. Cuantitativamente, los compuestos más importantes son el fitoeno (incolore) y el licopeno (Hobson, 1993).

4.1.3 Peso de los frutos.

La figura 4, (Tabla 2) muestra un aumento progresivo en el peso de los frutos de cada uno de los híbridos, a través de todo el desarrollo. Se registra un máximo en el punto óptimo de cosecha, a partir del cual, el híbrido Alcudia presenta un comportamiento sigmoïdal para finalmente reportar un peso menor al alcanzado en el día 40 o día de cosecha. El híbrido Rocío, a diferencia de Alcudia, luego del máximo alcanzado en el día de cosecha disminuye su peso para luego recuperar peso y finalizar con un peso similar al del día de cosecha.

Este comportamiento fluctuante en el peso puede esperarse, ya que esta variable está relacionada con el número de semillas presentes, la posición del fruto en la planta y las condiciones en que se desarrolla.

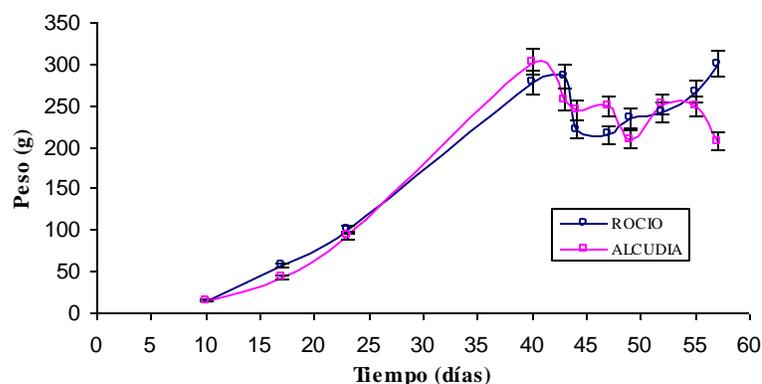


Figura 4. Evolución del peso de los frutos de dos híbridos de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill., durante el crecimiento, desarrollo y maduración en postcosecha (Naranjo y Saenz, 2001)

Tabla 2. Peso del fruto (g) de los híbridos de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill., durante crecimiento y maduración.

DIAS	HIBRIDO ROCIO	σ_{\pm}	HIBRIDO ALCUDIA	σ_{\pm}
10	15.4387	1.3055	14.8401	3.7751
17	58.1112	12.9374	44.1201	7.7541
23	101.4602	18.0101	93.5442	20.8984
40	277.9333	54.4508	303.1767	58.1526
43	284.8000	33.0846	257.0667	38.1104
44	220.8667	38.0952	243.7000	13.1651
47	215.6667	85.2634	249.9000	18.3379
49	234.3667	47.2162	209.667	48.9137
52	242.1667	46.9165	251.8000	52.2577
55	267.1667	40.6650	249.2667	51.6378
57	300.5000	18.3033	206.9667	20.0889

Fuente: Naranjo y Saenz, 2001

4.1.4. Diámetro ecuatorial y diámetro axial.

Los valores tanto del diámetro ecuatorial como del diámetro axial se incrementan permanentemente hasta el día 40-42, día de cosecha, Figura 5, (Tabla 3) lo cual es el resultado esperado; sin embargo en postcosecha se presentan unas muy leves fluctuaciones en el peso, naturalmente esperadas debido a que los frutos se encuentran almacenados a temperatura ambiente (22 –25°C, 75-80% de HR).condiciones estas que favorecen la pérdida de peso por transpiración.

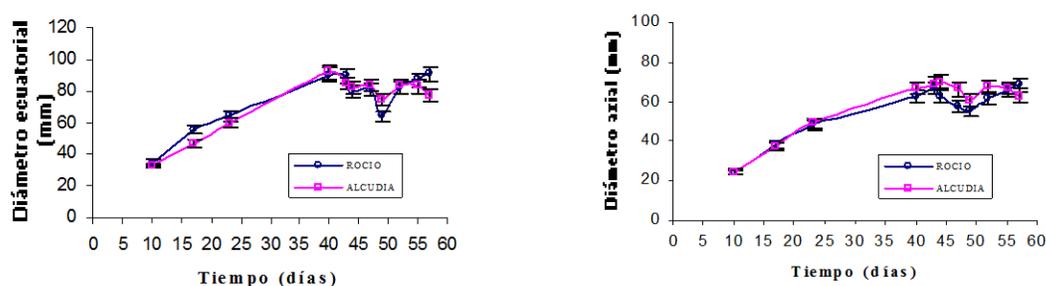


Figura 5. Evolución del diámetro ecuatorial y axial durante el crecimiento, desarrollo y maduración de los frutos de dos híbridos de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill., Rocío y Alcudia (Naranjo y Saenz, 2001).

Tabla 3. Diámetro ecuatorial y axial (mm) de frutos de dos híbridos de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill., durante crecimiento y maduración .

DÍAS	ROCIO				ALCUDIA			
	Diámetro ecuatorial	σ_{\pm}	Diámetro Axial	σ_{\pm}	Diámetro Ecuatorial	σ_{\pm}	Diámetro Axial	σ_{\pm}
10	34.4	1.2	24.4	1.5	32.9	2.3	24.7	3.0
17	55.4	3.5	38.6	3.8	46.8	2.3	37.5	1.5
23	64.2	4.7	48.3	3.8	59.9	3.6	49.3	3.8
40	90.7	8.4	62.4	3.2	91.6	7.9	66.8	4.2
43	89.2	4.5	66.8	2.0	84.8	5.9	69.1	0.7
44	79.8	5.2	62.6	0.8	82.1	1.8	70.0	3.5
47	80.8	11.7	57.6	9.0	83.5	4.0	66.2	2.2
49	64.0	2.9	55.2	15.8	64.2	4.7	60.6	4.4
52	82.2	9.2	61.2	1.1	82.9	6.3	67.3	6.0
55	86.6	5.1	65.4	1.3	82.8	6.6	66.8	0.9
57	90.7	1.2	68.3	4.5	77.1	2.3	63.1	3.4

Fuente: Naranjo y Saenz, 2001

4.1.5. Textura.

De esta variable no fue posible reportar ni analizar los resultados obtenidos para cada uno de los híbridos de tomate evaluados, en virtud de que la casa distribuidora Instrument Company, inc, distribuidora del penetrómetro marca Koehler K 19500, no envió las tablas necesarias para hacer el análisis de los datos dados por el equipo. (Naranjo y Saenz, 2001).

4.2. CARACTERISTICAS QUIMICAS

4.2.1. pH.

En la figura 6 (Tabla 4), se aprecia una tendencia descendente del pH hasta el día 40 después del amarre de la flor (pintando estrella) donde se aprecia un punto mínimo, a partir del cual se presenta un ascenso en ambos híbridos, hasta el día 56 que corresponde a la senescencia en los dos híbridos. Dicho comportamiento es de esperarse teniendo en cuenta que los ácidos orgánicos, a medida que avanza el proceso de maduración, se degradan o son usados como sustratos en el proceso de respiración (Tucker , 1993). Es de anotar que a pesar de que no existen diferencias significativas entre los híbridos, si se observa que el híbrido Rocío reporta valores de pH más bajos durante todo el transcurso de el desarrollo del fruto. (Naranjo y Saenz, 2001).

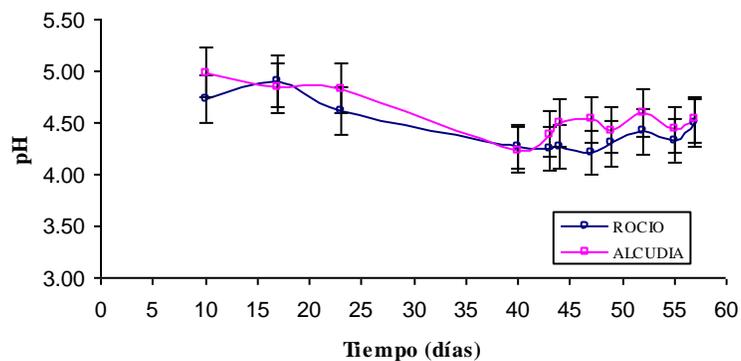


Figura 6. Evolución del pH durante el crecimiento, desarrollo y maduración de dos híbridos de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill. (Naranjo y Saenz, 2001)

Tabla 4. Evolución del pH de dos híbridos de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill. Durante crecimiento y maduración en postcosecha (Naranjo y Saenz, 2001).

DÍAS	HÍBRIDO ROCIO	σ_{\pm}	HÍBRIDO ALCUDIA	σ_{\pm}
10	4.73	0.03	5.01	0.02
17	4.89	0.01	4.85	0.01
23	4.62	0.01	4.83	0.00
40	4.28	0.01	4.22	0.02
43	4.25	0.01	4.39	0.00
44	4.28	0.01	4.57	0.12
47	4.21	0.00	4.53	0.00
49	4.33	0.02	4.44	0.01
52	4.43	0.01	4.62	0.02
55	4.33	0.00	4.45	0.01
57	4.50	0.00	4.54	0.01

Fuente: Naranjo y Saenz, 2001

4.2.2. Acidez titulable.

La figura7 (Tabla 5), muestra un comportamiento estrechamente relacionado con los valores de pH obtenidos. A partir de los primeros estados, en los cuáles se observa la menor concentración de ácido cítrico, se inicia un ascenso en la concentración del mismo hasta el día 40 (pintando estrella) registrándose el punto máximo (0.39 % ácido cítrico), a partir del cual se inicia el proceso de degradación de dicho ácido, caracterizado por un descenso en la concentración del mismo hasta el último estado analizado. Es de anotar, que a pesar de que no existen diferencias significativas entre los híbridos, si se observa que el híbrido Rocío reporta una concentración de ácido cítrico más alta durante todo el transcurso de el desarrollo del fruto.

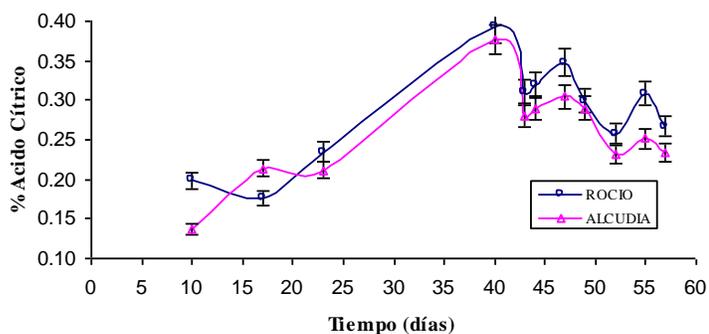


Figura 7. Evolución de la acidez titulable, durante el crecimiento, desarrollo y maduración de dos híbridos de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill. (Naranjo y Saenz, 2001)

Tabla 5. Acidez titulable (% ácido cítrico) de dos híbridos de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill.

DÍAS	HÍBRIDO ROCIO	σ_{\pm}	HÍBRIDO ALCUDIA	σ_{\pm}
10	0.1982	0.000	0.1371	0.0064
17	0.1761	0.000	0.2134	0.0000
23	0.2348	0.0051	0.2119	0.0013
40	0.3922	0.0026	0.3769	0.0035
43	0.3102	0.0052	0.2810	0.0000
44	0.3192	0.0026	0.2901	0.0118
47	0.3479	0.0000	0.3051	0.0026
49	0.2991	0.0026	0.2899	0.0026
52	0.2579	0.0026	0.2319	0.0026
55	0.3083	0.0026	0.2517	0.0000
57	0.2671	0.0026	0.2334	0.0000

Fuente: Naranjo y Saenz, 2001

4.2.3 Porcentaje de sólidos solubles (°Brix)

En la figura 8 (Tabla 6) se aprecia una tendencia casi constante de los °Brix hasta el día 49 después del amarre de la flor, a partir del cual, se presenta un ascenso permanente hasta el último día de análisis, momento en el cual el fruto se encuentra en un alto grado de maduración; esto, debido posiblemente a la síntesis de glucosa y otros carbohidratos. Puesto que el tomate es un fruto climatérico, presenta una fuerte actividad fisiológica y bioquímica durante la postcosecha, reflejada en el aumento del porcentaje de sólidos solubles casi todos representados por azúcares sencillos, glucosa, fructosa y sacarosa

principalmente, lo mismo que algunos ácidos orgánicos no volátiles que contribuyen con este parámetro (Pinzón, 2000).

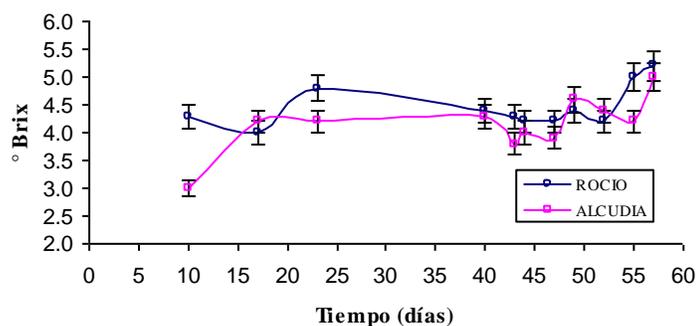


Figura 8. Evolución de los ° Brix, durante el crecimiento, desarrollo y maduración de dos híbridos de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill. ((Naranjo y Saenz, 2001).

Tabla 6. Evolución del porcentaje de sólidos solubles, durante el crecimiento y maduración de dos híbridos de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill.

DIAS	HÍBRIDO ROCIO	σ_{\pm}	HÍBRIDO ALCUDIA	σ_{\pm}
10	4.3	0.1	3.0	0.0
17	4.0	0.0	4.2	0.0
23	4.8	0.0	4.2	0.0
40	4.4	0.0	4.3	0.1
43	4.3	0.1	3.8	0.0
44	4.2	0.0	4.0	0.0
47	4.2	0.0	4.9	0.1
49	4.4	0.0	4.6	0.0
52	4.2	0.0	4.4	0.0
55	5.0	0.0	4.2	0.0
57	4.1	0.1	5.0	0.0

Fuente: Naranjo y Saenz, 2001.

4.2.4. Acido ascórbico .

En la figura 9, (Tabla 7) se observa una tendencia ascendente en la concentración de ácido ascórbico para ambos híbridos. En Alcudía la concentración de ácido ascórbico se incrementa permanentemente hasta el día 44 donde alcanza el máximo que coincide con el día de cosecha para descender rápidamente hasta el día 50 donde nuevamente asciende y de manera rápida hasta el final de la maduración en postcosecha.

El híbrido Rocío presenta un pequeño máximo de concentración de ácidoascórbico hacia el día 16 y luego desde el día 22 luego de anthesis se eleva su concentración de manera más rápida que en el híbrido Alcudia, la pendiente de ascenso es más elevada hasta llegar al día 40 donde se obtiene la máxima concentración, 32 mg/100g de fruta fresca, y que coincide con el día de cosecha; al avanzar la maduración en postcosecha, se aprecia un comportamiento similar al del híbrido rocío, aunque la concentración final de vitamina C en Alcudía alcanza valores superiores a los del máximo de cosecha, 37mg/100g de fruta fresca.

Este comportamiento posiblemente puede estar relacionado con la síntesis de vitamina C a partir de la glucosa por la ruta biosintética del ácido UDP-D- glucurónico (Belitz, 1988), teniendo en cuenta que son híbridos de larga vida en postcosecha. En general, se observa una mayor concentración de ácido ascórbico tanto en el híbrido Alcudia como en Rocío, siendo este último el que presenta los mayores valores, sin presentarse entre ellos diferencias significativas (Naranjo y Saenz, 2001)..

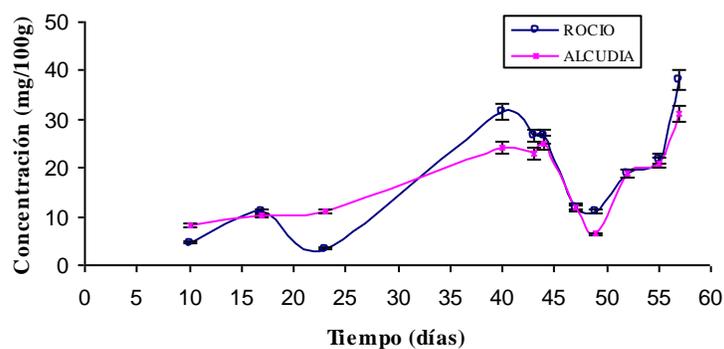


Figura 9. Evolución de la concentración de ácido ascórbico, durante el crecimiento, desarrollo y maduración de híbridos de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill. (Naranjo y Saenz, 2001).

Tabla 7. Concentración de ácido ascórbico durante desarrollo y mduración de híbridos de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill. (Naranjo y Saenz, 2001)

DÍAS	HÍBRIDO ROCIO	$\sigma\pm$	HÍBRIDO ALCUDIA	$\sigma\pm$
10	4.6270	1.0664	8.1168	1.3101
17	10.9495	1.0823	10.2223	0.3236
23	3.4508	0.2450	11.1187	0.0786
40	31.6219	0.6548	24.1634	0.5300
43	26.7265	1.7081	22.8505	0.3769
44	26.4391	1.9734	25.1878	0.3407
47	11.8144	0.3577	12.0584	1.2712
49	11.0707	0.3798	6.3828	0.1996
52	18.9021	0.4375	18.923	0.5530
55	21.8776	0.4375	21.0085	5.8409
57	38.1094	0.7179	31.1527	0.5418

Fuente: Naranjo y Saens, 2001

4.2.5. Actividad APOX.

Al comparar la tendencia de las dos curvas se observa un comportamiento similar en los dos híbridos, caracterizado por un pico máximo de actividad a los 47 días en Rocio y para Alcudia a los 52 días. Como se aprecia en la Figura 10 (Tabla 8), en estos estados es donde se reporta una disminución en la concentración del ácido ascórbico; esta tendencia se debe a que la ascorbato peroxidasa participa en la detoxificación del H₂O₂ y del O₂⁻ en los cloroplastos vía ascorbato y glutatión. (Tuker, 1993).

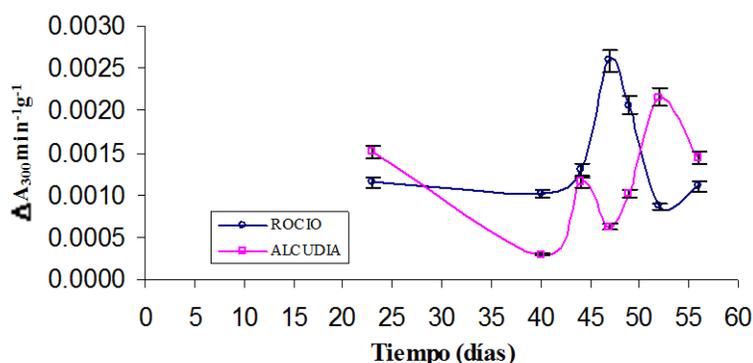


Figura 10. Evolución de la actividad APOX, durante el crecimiento, desarrollo y maduración de híbridos de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill. (Naranjo y Saenz, 2001)

Tabla 8. Actividad APOX en dos híbridos de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill.

DIAS	HÍBRIDO ROCIO	σ±	HÍBRIDO ALCUDIA	σ±
23	0.001125		0.0015112	0.0003535
40	0.001007	0.0004358		
44	0.0013	0.0002645		
49	0.002064	0.0005686	0.0006239	0.0002516
52	0.000864	0.0001414		
55			0.002160	0.0007810
57	0.001104	0.0002081	0.001440	0.0004358

(Naranjo y Saenz, 2001)

4.2.6. Actividad AOX.

Esta enzima presenta un comportamiento similar a la de la APOX. Lo cual se explica, teniendo en cuenta que el ácido ascórbico participa como cofactor en la síntesis del etileno a partir de metionina, que corresponde al período de maduración, 43 días de amarre en flor, en donde el etileno juega un papel importante en el metabolismo de maduración de frutos climatéricos, como es el caso del tomate, (Figura 11, 9) por tal motivo en los estados donde se encuentra la mayor concentración de ácido ascórbico, es precisamente el punto mínimo para la actividad ascorbato oxidasa, 40 días después de antesis para Rocío y 44 días para Alcudia

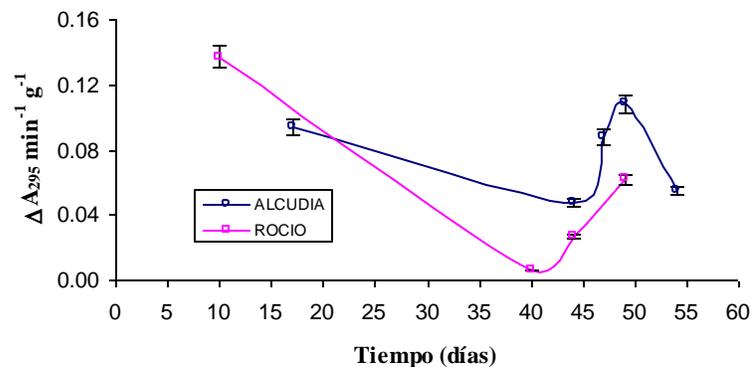


Figura 11. Evolución de la actividad AOX, durante el crecimiento, desarrollo y maduración de híbridos de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill. (Naranjo y Saenz, 2001)

La máxima actividad AOX se presenta a los 50 días después de antesis para los híbridos que corresponden con la mínima concentración de ácido ascórbico, lo que hace suponer una participación de esta enzima en el metabolismo de degradación del ácido ascórbico en este periodo.

4.2.7. Concentración de proteína total.

Se observa una tendencia descendente entre el primer y segundo estado de desarrollo (10-15 días luego de anthesis), para permanecer constante hasta el día 43, (Figura 11) a partir del cual se observa un leve incremento en el día 44 días de desarrollo. Este comportamiento se asemeja al presentado en berenjena y es comúnmente conocido como síntesis de novo (Tucker and Grierson, 1982), en cual a partir de los 43 días después del amarre, se presenta un incremento en dicha concentración

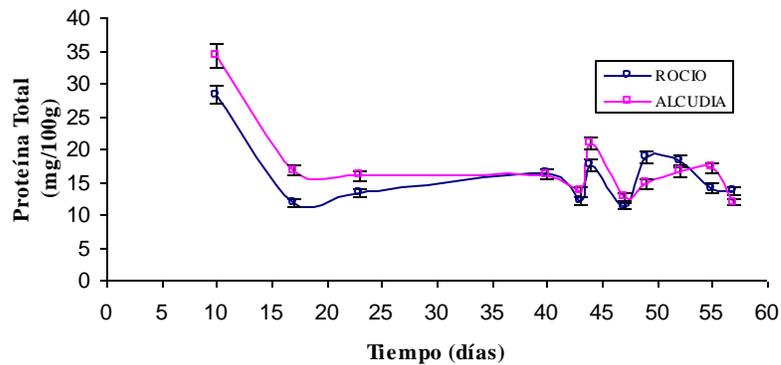


Figura 11. Evolución de la concentración de proteína total, durante el crecimiento, desarrollo y maduración de híbridos de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill. (Naranjo y Saenz, 2001)

Tabla 9. Concentración de proteína total en híbridos de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill. (Naranjo y Saenz, 2001)

DIAS	HIBRIDO ROCIO	σ_{\pm}	HIBRIDO ALCUDIA	σ_{\pm}
10	28.2653	0.0036	34.2695	0.0035
17	11.7384	0.0015	16.7813	0.0036
23	13.3384	0.0215	16.0124	0.0002
40	16.2977	0.0068	16.1293	0.0020
43	11.9848	0.0025	13.4880	0.0134
44	17.5676	0.0079	20.9122	0.0408
47	11.3622	0.0010	12.8037	0.0112
49	18.8642	0.0010	14.7998	0.0064
52	18.0624	0.0225	16.5978	0.0020
55	14.0094	0.0013	17.1420	0.0025
57	13.6246	0.0003	11.9622	0.0012

Fuente: Naranjo y Saenz, 2001

En general, los híbridos Rocío y Alcudia, presentan un comportamiento similar en las propiedades fisicoquímicas y en la evolución del ácido ascórbico, especialmente después del día de cosecha.

La actividad APOX tiene un comportamiento de tipo sigmoideal en los dos híbridos analizados, evolución muy frecuente en frutos climatéricos, que poseen una alta actividad metabólica en postcosecha, principalmente a través de la hidrólisis de carbohidratos de alto peso molecular a moléculas relativamente pequeñas, como azúcares y ácidos orgánicos y la consiguiente producción de agua, que permite mejorar la textura del tejido y contribuye a la formación de los colores, aromas y sabores característicos de los frutos de tomate.

La AOX disminuye de manera acelerada durante todo el proceso de crecimiento y desarrollo, hasta el día de cosecha donde se aprecia un incremento notable de su concentración hasta el día 50 para luego decaer en el híbrido Alcudia.