



Revista Iberoamericana de Tecnología
Postcosecha

ISSN: 1665-0204

rebasa@hmo.megared.net.mx

Asociación Iberoamericana de
Tecnología Postcosecha, S.C.
México

Ávila, Jenny; Ruales, Jenny
INFLUENCIA DEL ESTRÉS LUMINOSO E HÍDRICO EN LA POSTCOSECHA,
PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS Y ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD
ANTIOXIDANTE DEL TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum* Cav.) GENOTIPO
GIGANTE AMARILLO
Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 17, núm. 1, 2016, pp. 30-40
Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C.
Hermosillo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81346341005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

INFLUENCIA DEL ESTRÉS LUMINOSO E HÍDRICO EN LA POSTCOSECHA, PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum* Cav.) GENOTIPO GIGANTE AMARILLO

Jenny Ávila, Jenny Ruales*

Escuela Politécnica Nacional (EPN). Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología (DECAB), Quito – Ecuador. *Toda correspondencia dirigir a: Jenny Ruales <jenny.ruales@epn.edu.ec>

Palabras Claves: tomate de árbol, estrés, polifenoles, capacidad antioxidante.

RESUMEN

El tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.), genotipo amarillo gigante, cultivado en la zona de Tumbaco en la provincia de Pichincha-Ecuador, fue estudiado bajo 5 tratamientos de estrés, tres de luz, cubriendo las plantas con zarán (tela sombra) provocando 45, 60 y 70% de sombra; y dos de agua, uno con constante suministro de agua (suelo saturado, 9 – 1 cb) y riego hasta punto crítico (< 70 cb), aplicados durante la época de floración y un testigo. Se observaron en los frutos propiedades físico químicas en poscosecha (peso, tamaño, firmeza, humedad de la pulpa, pH, °Brix, acidez titulable, tasa de respiración), su contenido fenólico y capacidad antioxidante. En general, los factores de estrés, agua y luz, redujeron el tamaño y peso de los frutos, siendo el tratamiento de agua el de mayor afección en relación al testigo. Los atributos sensoriales y la tasa de respiración no fueron afectados por los factores de estrés, teniendo el tomate de árbol el comportamiento de un fruto no climatérico. Llevar a la planta a condiciones de estrés por falta de agua incrementó el contenido de polifenoles solubles totales y capacidad antioxidante. La luz influye significativamente en el contenido de compuestos fenólicos en los frutos, a medida que se reduce su intensidad se reduce la concentración de compuestos.

INFLUENCE OF LIGHT AND WATER STRESS ON THE POSTHARVEST, PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES AND ANTIOXIDANT CAPACITY OF TREE TOMATO (*Solanum betaceum* Cav) GENOTYPE GIANT YELLOW

Keywords: tree tomato, stress, polyphenoles, antioxidant capacity

ABSTRACT

Tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.), Giant yellow genotype, grown in the area of Tumbaco in the province of Pichincha-Ecuador, was studied under 5 stress treatments. Three light intensity, covering the plants with shading net causing 45, 60 and 70 % of shadow; and two levels of water, one with a constant water supply (saturated soil , 9 to 1 cb) and irrigation to critical point (<70 cb), applied during the flowering season and to a control sample. During postharvest, some characteristics were evaluated like weight, size, firmness, content of pulp, moisture, pH, Brix, acidity, respiration rate, phenolic content and antioxidant capacity. In general, stress factors, water and light, reduced the size and weight of the fruit. Water treatment was the one, which affected more in relation to the control condition. The sensory attributes and respiration rate were not affected by the stress factors applied. The tree tomato showed a behavior of a non- climacteric fruit. The stress conditions applied to the plant due to lack of water increased the content of total soluble polyphenols and antioxidant capacity. Light significantly influences the content of phenolic compounds in the fruit, as its intensity decreases the concentration of compounds is reduced.

INTRODUCCIÓN

El tomate de árbol es una fruta perteneciente a la familia de las Solanáceas, de consumo tradicional en la región andina de Ecuador que puede consumirse preparada en jugos y mermeladas, adicionalmente es un excelente complemento para ensaladas de frutas, es delicioso en helados, batido con leche y en diferentes tipos de postres. Sus semillas son comestibles y su cáscara se extrae fácilmente con agua hirviendo (1).

Esta fruta tiene cualidades nutricionales y medicinales, especialmente su propiedad de reducir el colesterol en la sangre, es un buen controlador de glicemia en personas con diabetes; además que tiene bajo contenido calórico y de carbohidratos. Tiene diferentes minerales como calcio y fósforo, y niveles importantes de proteínas, carotenos y pectina, siendo esta última una parte importante de la lignina que contribuye a prevenir la gripe. Contiene vitaminas como la B6 o piridoxina, que es necesaria para el funcionamiento del sistema nervioso; vitamina K importante para la coagulación de la sangre; vitamina C que favorece la asimilación de hierro y provitamina A que se transforma en vitamina A en el organismo conforme éste lo necesita; las vitaminas A y C ayudan además a fortalecer el sistema inmunológico y la visión, actuando como antioxidantes (2).

Los antioxidantes son sustancias que en el organismo contribuyen a reducir el riesgo de múltiples enfermedades, como las cardiovasculares, cerebrovasculares, ciertos tipos de cáncer y otras enfermedades degenerativas, además de reforzar las defensas del organismo y retrasar el proceso de envejecimiento celular, ya que bloquean la actividad de los radicales libres (3).

Todas estas características médicas y nutricionales le dan al tomate de árbol una proyección futura para satisfacer la demanda de un potencial mercado que requiere productos naturales de calidad. Es por eso que

hoy en día, se busca incrementar las características beneficiosas de los productos naturales para así satisfacer la demanda de productos con alto valor nutritivo y con cualidades antioxidantes que no solo alimente sino que además pueda ayudar al organismo a defenderse de las diferentes enfermedades degenerativas con el consumo de antioxidantes. Se han hecho numerosos estudios sobre el comportamiento de algunas sustancias antioxidantes en respuesta a diferentes clases de estrés; así, en Ecuador la Fundación Wong en el 2005, buscó incrementar la producción de biomasa y la concentración de principios bioactivos al domesticar plantas medicinales silvestres manejando técnicas agronómicas y ambientales (4).

Los factores ambientales tienen una significativa influencia en la producción y la calidad de los frutos y vegetales, en este estudio se aplicó dos tipos de estrés abiótico, luz y agua, para determinar su influencia en las características postcosecha del tomate de árbol, su contenido fenólico y capacidad antioxidante.

El objetivo de ésta investigación fue el de determinar la influencia del estrés luminoso e hídrico en las características físico-químicas postcosecha del tomate de árbol y en su contenido de polifenoles y capacidad antioxidante.

MATERIALES Y MÉTODOS

a) Muestras

Para el estudio se emplearon plantas de tomate de árbol genotipo amarillo gigante de ~ 2 años de edad; cultivo establecido en la Granja Experimental del Instituto Autónomo de Investigaciones Agropecuarias - INIAP en Tumbaco, Provincia de Pichincha. Se construyó un invernadero de 220 m² (20 m x 11 m), donde las plantas se encontraban plantadas a una distancia de 2 x 2 m. Se aplicaron 5 tratamientos de estrés vegetal abiótico, 3 de

estrés de luz y 3 de estrés de agua frente a un testigo, cada tratamiento estuvo compuesto por 5 árboles, como se detalla a continuación:

Tratamiento	Descripción
1	Uso de tela de zarán* de 45% de sombra
2	Riego hasta que el suelo llegue a capacidad de campo (9-11 cb**)
3	Uso de tela zarán de 60% de sombra
4	Riego hasta que el suelo llegue a capacidad de campo (15 cb) y corte hasta llegar a punto crítico (<70 cb)
5	Uso de tela zarán de 70% de sombra
6 (Testigo)	Sin tela zarán y riego constante (15-20 cb)

* zarán = tela sombra (Tonicomsa S.A.)

** cb = centibares (Tensiómetro Irrometer INC ®)

La distribución de los tratamientos y el testigo en el invernadero, se esquematizan en la Figura 1.

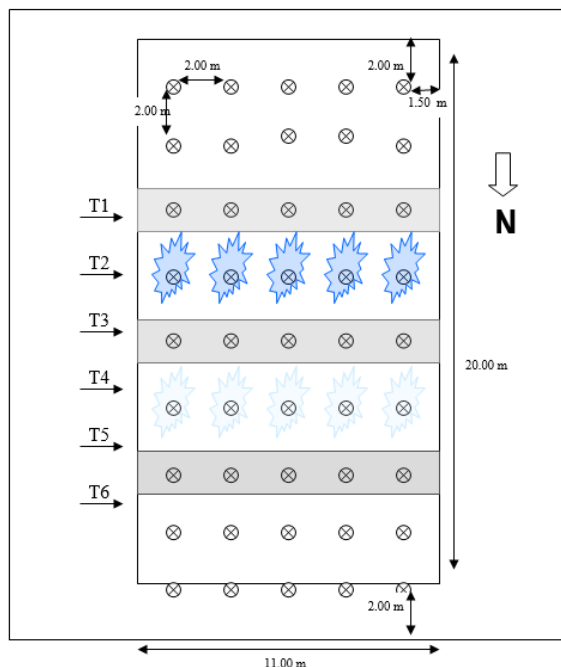


Figura 1. Esquema de la ubicación de los tratamientos en la plantación de tomate de árbol genotipo amarillo gigante.

La aplicación de los tratamientos de estrés se realizó en la época de floración y fructificación. Una vez que el fruto estaba en completa madurez fisiológica (70% de color) se cosecharon manualmente, clasificaron en jabas plásticas por cada tratamiento y llevados al laboratorio postcosecha. Ahí, se lavó y desinfectó la fruta con cloro (50 ppm). Se seleccionaron 10 frutos para la caracterización físico-química postcosecha. Para la determinación de la tasa de respiración, se usaron jabas de vidrio bien cerradas, colocando ~1 kg de fruta y posteriormente almacenándolos en una cámara de refrigeración a 4 °C y 85% de HR por 10 semanas. Se seleccionaron 5 tomates de árbol para determinar el contenido de materia soluble en la pulpa. Además, se tomó ~ 2 kg de fruta fresca, se peló, cortó y almacenó en congelación a -20°C, para luego ser liofilizada, molida, tamizada y envasada en frascos de vidrio ámbar a -20°C para los análisis químicos.

b) Caracterización físico - química en postcosecha

Para la caracterización físico-química en postcosecha se evaluaron el día de la cosecha:

1.-Peso inicial (g) usando una balanza electrónica (BODECO, modelo BBA51)

2.-Largo y diámetro (cm) con un calibrador DRION-K se determinó en centímetros (cm) la longitud de cada fruta tomando sus extremos sobresalientes.

3.-Volumen (ml), determinando la cantidad de agua que desplaza el fruto.

4.-Se realizó el análisis de firmeza, acidez, °Brix y pH. Para la firmeza se usó un penetrómetro manual (McCormick, modelo FT 327) fijado en un pedestal, con el cual se determinó la fuerza (N) con un punzón 6 mm que atravesó la fruta en el eje central (5). Para los análisis de acidez, pH y °Brix, se preparó un jugo de la pulpa, licuando 40 gramos de fruta en 200 ml de agua destilada por 1 minuto y se filtró para retener las semillas. Empleando el

método AOAC, 942.15, 37.1.37, se determinó la acidez titulable de como porcentaje de ácido cítrico (5). Los ° Brix se determinaron de acuerdo al método de sólidos solubles totales descrito por AOAC, 37.1.15 empelando el brixómetro manual (C&B, modelo RHB-32), (5). El pH se determinó según el método de AOAC, 981.312, 42.1.04 (5).

5.-Humedad (%), se empleó el método de AOAC Official Methods 920.151, 37.1.12 (5), para materia insoluble.

La determinación de la tasa de respiración se determinó en función de la producción de CO₂, medido en un analizador de gases *Post Harvest Research* provisto de un detector infrarrojo Horiba para CO₂ modelo VIA-510.

c) Extracción

El método de extracción es una modificación del método desarrollado por Määttä *et al*, 2001 (6, 7). Pesando 0.5 g de muestra liofilizada se añadió 20 ml de metanol:agua (50:50; v/v), el metanol es de grado HPLC de J.T. Baker. Se tapó la muestra y se agitó por una hora a temperatura ambiente, protegida de la luz. Luego se centrifugó a 4000 rpm por 10 minutos. El sobrenadante se colocó en matraces aforados de 50 ml y en el residuo se añadió 20 ml de solución acetona:agua (70:30; v/v); el acetona es de J.T. Baker. Luego de agitar por una hora más, bajo las mismas condiciones que la agitación anterior. Se vuelve a centrifugar por 10 minutos a 4000 rpm y el sobrenadante se colocó en los mismos matraces aforados de 50 ml. Afora con agua destilada, y homogenizando la muestra y se colocó en tubos ámbar con tapa, manteniéndolo en refrigeración (4 °C) hasta el análisis.

Determinación de Polifenoles Solubles Totales. Se empleó el método de Folin-Ciocalteaus (8), se prepararon soluciones de 50, 100, 150 y 200 ppm de ácido gálico, de Sigma, que sirvieron para elaborar la curva de

calibración. En un matraz de 25 ml se colocó 0.5 ml de la muestra extraída, de la solución de ácido gálico (estándares) o agua destilada (reactivo blanco), se añadió 0.5 ml del reactivo Folin-Ciocalteaus 2 N, de Sigma (F-9252) y se agitó. Luego de 3 minutos se añadió 10 ml de carbonato de sodio, granular de J.T. Baker (3604-01) y se aforó enseguida con agua destilada. Se homogenizó la muestra y se dejó por 1 hora a temperatura ambiente protegido de la luz. Posteriormente se leyó la absorbancia en el espectrofotómetro (Shimadzu, modelo UV-160A) a una longitud de onda de 750 nm. Los datos se reportaron en mg equivalentes de ácido gálico por 100 g de fruta fresca.

Determinación de Capacidad Antioxidante. La capacidad antioxidante se determinó usando el método del DPPH, de acuerdo a Sánchez Sánchez-Moreno, *et al* (3). En una celda cuarzo de 4 ml se colocó 3.9 ml de solución DPPH•:metanol (0.025 g/l) y se añadió 0.1 ml del extracto. Se midió la absorbancia a 515 nm a tiempo 0 y cada 10 segundos hasta que la reacción se estabilizó. La capacidad antioxidante fue reportada en µM de trolox/100 g de fruta fresca. Para la curva de calibración se emplearon soluciones estándar de trolox de Sigma, desde 0.3 a 2.5 mM diluido con etanol.

d) Análisis Sensorial.

Con la Prueba de Comparación Múltiple, de acuerdo a lo descrito por Wiiting (9), se midió la diferencia en base a 6 estímulos incluyendo el testigo, permitiendo detectar diferencias de intensidad moderada cuando hay pequeños efectos entre las muestras. Se le informó al panelista cual era el testigo y que señale si cada muestra es o no diferente al testigo, indicando también el grado de diferencia, de acuerdo a una escala de puntaje de 1 a 10.

Tabla 1 Caracterización postcosecha de los 3 tratamientos de estrés de luz y un testigo del tomate de árbol amarillo gigante.

Variable	TESTIGO	T1	T3	T5
	Sin Sombra	45% Sombra	60% Sombra	70% Sombra
Peso ¹ (g)	75.82 ± 21.57a	70.25 ± 16.19ab	55.93 ± 17.40b	56.00 ± 15.29b
Diámetro ¹ (cm)	4.86 ± 0.64a	4.82 ± 0.39a	4.67 ± 0.57ab	4.33 ± 0.29b
Alto ¹ (cm)	5.53 ± 0.92a	5.37 ± 0.53a	5.11 ± 0.68a	4.93 ± 0.39a
Volumen ¹ (ml)	73.53 ± 19.68a	68.07 ± 15.55ab	55.33 ± 18.40b	53.40 ± 12.51b
Textura ¹ (N)	11.66 ± 4.23a	13.72 ± 2.56a	13.48 ± 6.53a	12.74 ± 2.60a
Humedad ² (%)	85.88 ± 0.34b	85.54 ± 0.07b	86.00 ± 0.20b	86.83 ± 0.13a

¹Media ± DE (n=10); ²Media ± DE (n=3)

En una misma fila, valores seguidos por letras diferentes son estadísticamente diferentes (p<0.05)

Los resultados fueron analizados utilizando el análisis de varianza ANOVA ONE WAY, con la prueba de Tukey con límites de confiabilidad del 95%. Se utilizó el programa estadístico STATGRAPHICS Plus para Windows versión 5.1 (Statistical Graphics Corp.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de peso, diámetro, alto, volumen, textura y humedad en la pulpa de los tratamientos sometidos a estrés de luz y el testigo se observan en la Tabla 1. En general, se observa que los frutos que crecieron bajo sombra, presentan menor valor en sus características físicas, así se observa diferencia estadística significativa (p<0.05) entre los datos obtenidos para los tratamientos y el testigo. En un estudio realizado en cereza dulce en china, también se observó reducción del tamaño en frutos expuestos a 30, 48 y 70% de sombra durante el crecimiento del fruto (10), pues es un factor importante y determinante para la producción de biomasa en los vegetales. La textura de los frutos no se ve afectada por el estrés de luz, los datos analizados muestran que son estadísticamente iguales (p<0.05), estos datos obtenidos son menores a los reportados por León, et. al. (11) con valores de textura (firmeza) en tomate de árbol amarillo correspondientes a 22 N, en frutos que presentan tamaños de alrededor de 118 g. Comparando el porcentaje de humedad en la pulpa, se observa que el tratamiento 5 (70% de sombra) es el que mayor cantidad de

humedad presenta, siendo diferente estadísticamente a los otros tratamientos de estrés y al testigo. Todos los valores reportados son similares a los encontrados en la literatura, donde se reporta humedades entre 81 – 87% (2, 12, 13).

Los datos de la tabla 2, corresponden a la caracterización postcosecha de tomate de árbol sometidos a tratamientos de estrés de agua y un testigo. El testigo presentó los valores más altos en la caracterización física de la fruta, el tratamiento 4 presenta los frutos con menor tamaño, diámetro, alto y volumen. Estos valores son menores a los reportados por León, et. al. (11), que indica que el tomate de árbol amarillo gigante tiene un peso promedio de 118 g, alto de 7.0 cm y ancho de 6 cm. Los valores obtenidos durante la caracterización para textura, se encuentran entre 11.66 del testigo el más bajo y 13.37 N de fuerza para el tratamiento 2, el más alto, sin embargo al hacer el análisis estadístico no existe diferencia significativa (p<0.05) entre los dos tratamientos de estrés de agua y el testigo; pero sí son menores comparado con los valores reportados por León, et. al. (11), en un estudio realizado al mismo genotipo del tomate de árbol. El porcentaje de humedad en la pulpa de los 2 tratamientos y del testigo, es de ~86%, valor que se encuentra dentro de los rangos encontrados en la literatura de esta fruta.

El pH de la pulpa presentó diferencia estadística significativa (p<0.05) entre el

tratamiento 1 y el tratamiento 5, mientras que el tratamiento 3 y el testigo no presentan diferencia significativa frente a éstos tratamientos. Se observa diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre el tratamiento 3 y el testigo, mientras que el tratamiento 1 y tratamiento 5 no presentan diferencia significativa entre el testigo y el tratamiento 3. En los datos analizados de acidez titulable, se observa el mismo comportamiento de pH,

tratamiento 1 presenta diferencia estadística significativa frente al tratamiento 5, mientras que el tratamiento 3 y el testigo no se diferencian con ninguno de éstos tratamientos. Se observa un comportamiento inverso entre el pH y el porcentaje de acidez, ya que el tratamiento que reporta mayor pH es el que presenta menor porcentaje de ácido cítrico.

Tabla 2 Caracterización postcosecha de los 2 tratamientos de estrés de agua y un testigo del tomate de árbol amarillo gigante.

Variable	T2 9 – 11 cb	TESTIGO 15 – 20 cb	T4 Hasta 70 cb
Peso ¹ (g)	50.28 ± 21.81b	75.82 ± 21.57a	33.89 ± 9.09c
Diametro ¹ (cm)	4.19 ± 0.68b	4.76 ± 0.64a	3.51 ± 0.40c
Alto ¹ (cm)	5.06 ± 0.71a	5.53 ± 0.92a	4.25 ± 0.67b
Volumen ¹ (ml)	49.87 ± 22.81b	73.53 ± 19.68a	27.20 ± 7.73c
Textura ¹ (N)	13.37 ± 2.71a	11.66 ± 4.23a	12.74 ± 2.60a
Humedad ² (%)	86.50 ± 0.23a	85.88 ± 0.34 a	85.99 ± 0.13a

¹Media ± DE (n=10); ²Media ± DE (n=3)

En una misma fila, valores seguidos por letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

En el estudio del comportamiento fisiológico del tomate de árbol durante la poscosecha, se presenta la misma relación inversa, a medida que la concentración de ácidos disminuye el pH presenta una ligera tendencia de aumento (14). Situación que relaciona con la disminución de hidrógenos libres presentes en la pulpa de la fruta, posiblemente debido a que muchos de los ácidos orgánicos participan durante la ésta etapa en la formación de sustancias volátiles aromáticas, que podrían favorecer aspectos organolépticos (14).

Los datos de la caracterización físico – química de la pulpa de tomate de árbol de 2

procesos de estrés de agua y un testigo se encuentran en la tabla 4. Existe diferencia estadística significativa entre el tratamiento 2, tratamiento 4 y el testigo en referencia al valor de pH, siendo este último el que mayor valor presentó. Los datos para pH reportados por otras investigaciones se encuentran entre 3.2 – 3.8 (12). El análisis del porcentaje de sólidos solubles para los tratamientos de estrés de agua determina que el tratamiento 2 tiene en menor contenido de azúcares presentando diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con el testigo, que es el que mayor °Brix presentó.

Tabla 3 Características físico-químicas del tomate de árbol gigante amarillo sometido a 3 tratamientos de estrés de luz y un testigo.

Variable	TESTIGO Sin Sombra	T1 45% Sombra	T3 60% Sombra	T5 70% Sombra
pH ¹	3.84 ± 0.11ab	3.70 ± 0.10b	3.80 ± 0.01ab	3.89 ± 0.13a
°Brix ¹	12.01 ± 1.23a	10.64 ± 0.85ab	10.00 ± 1.56b	11.00 ± 0.29ab
Acidez ¹ (% ácido cítrico)	0.22 ± 0.02bc	0.24 ± 0.02a	0.23 ± 0.02ab	0.20 ± 0.02c

¹Media ± DE (n=9)

En una misma fila, valores seguidos por letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

El contenido de azúcares para estas muestras es menor que los valores reportados por León, *et. al.* (11), de 13,2 grados brix en la pulpa de tomate de árbol amarillo gigante. El tratamiento 4 no presenta diferencia estadística con ninguno los dos tratamientos. Se observa la misma relación inversa que se

determinó en el porcentaje de ácido de los tratamientos de estrés de luz, el que mayor pH tiene menor acidez titulable, en este caso el tratamiento 4, que se diferencia estadísticamente del tratamiento 2.

Tabla 4 Características físico-químicas del tomate de árbol gigante amarillo sometido a 2 tratamientos de estrés de agua y un testigo.

Variable	T2	TESTIGO	T4
	9 – 11 cb	15 – 20 cb	Hasta 70 cb
pH ¹	3.74 ± 0.02b	3.84 ± 0.11a	3.58 ± 0.01c
°Brix ¹	10.16 ± 0.85b	12.01 ± 1.23a	11.03 ± 1.16ab
Acidez ¹ (% ácido cítrico)	0.18 ± 0.01b	0.22 ± 0.02a	0.21 ± 0.01a

¹ Media ± DE (n=9)

En una misma fila, valores seguidos por letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

En las figuras 2 y 3, se encuentran los datos que corresponden a la tasa de respiración del tomate de árbol sometido a 3 tratamientos de estrés de luz (1, 3 y 5), 2 tratamientos de estrés de agua (2 y 4) y el testigo. Estos valores indican la velocidad a la cual se producen los cambios en la composición del fruto determinado por la tasa de producción de dióxido de carbono CO₂ por unidad de peso y de tiempo (mg CO₂/Kg/h). De acuerdo al comportamiento observado durante el análisis por todas las muestras estudiadas del tomate de árbol, se confirma que es una fruta no climatérica, ya que con el paso de los días se observa una producción decreciente del dióxido de carbono. En los tratamientos de estrés de luz el se empieza con un valores de entre 3.40 – 2.71 mg CO₂/Kg/h y desciende hasta una producción entre 1.54 – 0.97 mg CO₂/Kg/h. Para el caso de los frutos de tomate de árbol sometidos a tratamientos de estrés de agua, la tasa de respiración esta entre 3.26 y 2.15 mg CO₂/Kg/h hasta descender a valores comprendidos entre 0.97 – 0.99 mg CO₂/Kg/h.

El contenido de polifenoles solubles totales, expresados como equivalentes de ácido gálico, en los frutos de tomate de árbol, tabla 5, sometidos a tratamientos de estrés de

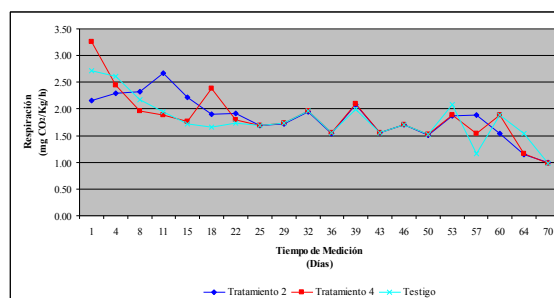


Figura 1. Tasa de respiración de tomate de árbol amarillo gigante sometido a 3 tratamientos de estrés de luz y un testigo.

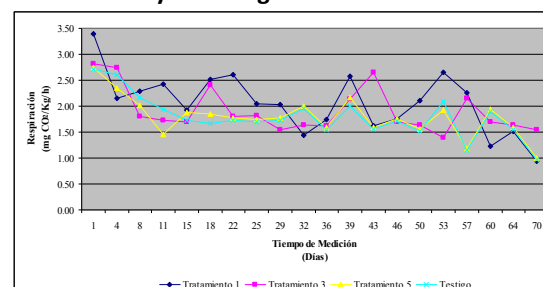


Figura 2. Tasa de respiración de tomate de árbol amarillo gigante sometido a 2 tratamientos de estrés de agua y un testigo.

luz (reducción), se ve afectado por éste factor, ya que al hacer la comparación entre los diferentes tratamientos y el testigo existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el tratamiento 5 (70% sombra) y el testigo (sin

sombra. Aunque no se tienen datos sobre el tomate de árbol en referencia este estrés, si se tiene en otra solanácea como el tomate riñón (*Lycopersicon esculentum* Mill.), donde la luz solar, sobretodo la UV que permite paso de entre 290 a 400 nm, tiene una influencia significativa en el contenido de de compuestos fenólicos, incrementado su contenido (15, 16). Así mismo la cereza dulce china (*Prunus avium* cv. Hongdeng) sometida a procesos de sombra del orden del 11, 30, 48 y 70% reduce su contenido fenólico (10); otro dato con el mismo comportamiento se observó en frutos de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.),

sometidas a 32% de sombra (17). La capacidad antioxidante de los diferentes tratamientos, también se ve afectada por la luz, así se observa la tendencia de que a medida que aumenta la sombra en las plantas menor capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos. Los resultados del radical de DPPH• remanente y el porcentaje de inhibición, tienen relación directa con la capacidad antioxidante, así los frutos con mayor capacidad antioxidante tienen menor porcentaje remanente del radical pero mayor porcentaje de inhibición.

Tabla 5. Contenido de polifenoles solubles totales y parámetros de la capacidad antioxidante de tomate de árbol gigante amarillo sometido a 3 tratamientos de estrés de luz y un testigo.

Trat.	PFT (mg EGA/100 g FF)	CA (μ mol Trolox / g FF)	T (min)	DPPH• (r) (%)	Inh. (%)
T1	65.69 \pm 3.35 ab	4.50 \pm 0.22 ab	5.64 \pm 0.42 a	84.83 \pm 0.59 bc	15.17 \pm 0.59 ab
T3	65.33 \pm 1.04 ab	4.06 \pm 0.21 b	6.36 \pm 0.19 a	85.79 \pm 0.49 b	14.21 \pm 0.49 b
T5	61.25 \pm 1.57 b	3.42 \pm 0.23 c	4.64 \pm 0.25 b	87.30 \pm 0.55a	12.70 \pm 0.55 c
Testigo	67.40 \pm 1.83 a	4.78 \pm 0.15 a	5.47 \pm 0.48 ab	84.13 \pm 0.41 c	15.87 \pm 0.41 a

Media \pm DE (n=3); PST = Polifenoles solubles totales; CA = Capacidad antioxidante; T = Tiempo; DPPH (r) = DPPH remanente; Inh. = % de inhibición.

En una misma columna, valores seguidos por letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

Como se puede observar en la tabla 6, el contenido de polifenoles solubles totales presenta valores significativamente diferentes entre el tratamiento 4 vs. el tratamiento 2 y el testigo. Se puede determinar que con el estrés de agua drástico, donde la planta tuvo que soportar valores cercanos a 70 cb a nivel de la raíz, el contenido polifenólico aumentó, lo que no sucedió con el tratamiento 2, donde la planta estuvo recibiendo agua con valores en el tensiómetro de 9 - 11 cb, valor cercano a la saturación. El tensiómetro es un aparato cilíndrico hueco, donde se coloca agua destilada, en el extremo inferior tiene una copa porosa de cerámica y en el extremo superior un indicador de succión (tensiómetro). Cuando las lecturas en el indicador son de baja tensión, indican condiciones húmedas, con agua disponible y fácil para las plantas extraer, pero a medida que el suelo se va secando, el agua se agarra

con más fuerza, las lecturas del tensiómetro suben, y las raíces tienen más dificultad para extraer agua y mantener el crecimiento óptimo.

En estudios hechos con el tomate riñón se observó que la concentración de licopeno, un pigmento de éste vegetal, con propiedades antioxidantes aumento progresivamente con tratamientos de estrés hídrico (15), en frutos de aceitunas (*Olea europaea* L. cv. Ascolana tenera), la deficiencia de agua aumentó el contenido fenólico (18). Aunque el tratamiento 4 presentó la mayor capacidad antioxidante frente al tratamiento 2 y al testigo, no existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre ellos; lo mismo se observa con el tiempo necesario para reducir los radicales libres, el porcentaje de radical DPPH• remanente y de inhibición, todos son estadísticamente iguales; sin embargo el tratamiento 4 presentó la mayor capacidad

antioxidante. En resultados obtenidos con estudios de estrés hídrico en las plantas en general se observa que existe una tendencia de incremento de micro y macronutrientes,

azúcares y sustancias antioxidantes cuando el estrés hídrico que se aplica da un período de sequía a la planta (19-21).

Tabla 6 Contenido de polifenoles solubles totales y capacidad antioxidante de tomate de árbol gigante amarillo sometido a 2 tratamientos de estrés de agua y un testigo.

Trat.	PFT (mg EGA/100 g FF)	CA (μ mol Trolox / g FF)	T (min)	DPPH• (r) (%)	Inh. (%)
T2	65.00 \pm 1.23b	4.62 \pm 0.33a	6.19 \pm 1.39a	84.58 \pm 0.78a	15.42 \pm 0.78a
T4	71.27 \pm 1.33a	4.94 \pm 0.33a	6.25 \pm 0.50a	83.74 \pm 0.78a	16.26 \pm 0.78a
Testigo	67.40 \pm 1.83b	4.78 \pm 0.15a	5.47 \pm 0.48a	84.13 \pm 0.41a	15.87 \pm 0.41a

Media \pm DE (n=3)

En una misma columna, valores seguidos por letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

Análisis Sensorial

El análisis sensorial se hizo con un panel de 10 personas con el método de comparación múltiple, en el cual los panelistas tenían que comparar las diferentes variables frente al testigo, el cual tenía un valor de referencia de 5 en una escala de 1 a 10. Como se puede observar en la Tabla 9, los panelistas al probar

las diferentes muestras, no encuentran diferencia para ninguno de los atributos

analizados en esta comparación, ya que estadísticamente no hay diferencia significativa ($p < 0.05$), se observa así que el estrés aplicado no influyo ni positiva ni negativamente en los atributos característicos del tomate de árbol gigante.

Tabla 7 Resultados de la comparación múltiple de análisis sensorial de aroma, dureza, sabor, dulzor y acidez de tomate de árbol gigante sometido a 5 tratamientos de luz y agua.

Trat.	Aroma	Dureza	Sabor	Dulzor	Acidez
1	4.84 \pm 1.66 a	4.88 \pm 1.24 a	5.37 \pm 0.65 a	5.64 \pm 1.96 a	4.40 \pm 0.77 a
2	4.96 \pm 2.04 a	4.90 \pm 0.89 a	5.03 \pm 0.64 a	5.61 \pm 1.07 a	4.57 \pm 0.70 a
3	4.74 \pm 1.53 a	4.77 \pm 1.35 a	4.52 \pm 1.85 a	5.40 \pm 1.48 a	3.98 \pm 1.53 a
4	4.68 \pm 1.31 a	5.84 \pm 1.62 a	4.66 \pm 1.10 a	4.65 \pm 2.32 a	4.13 \pm 1.33 a
5	3.23 \pm 1.38 a	5.79 \pm 1.35 a	4.61 \pm 1.69 a	4.59 \pm 1.22 a	6.20 \pm 1.34 a

Media \pm DE (n=10)

En una misma columna, valores seguidos por letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

CONCLUSIONES

Los factores de estrés de luz y agua afectan de manera significativa el tamaño de los frutos, el extremo de sombra (70%) y llevar a la planta a condiciones de sequía (<70 cb) influye negativamente en las características físicas del fruto, se obtiene frutos más pequeños de menor volumen que afectan al rendimiento y producción de la plantación. Sin embargo, los valores de humedad de la pulpa no se ven afectados, así como tampoco las

características de resistencia de la pulpa a la presión externa, ya que mantienen los valores de firmeza son similares a los del testigo. En general se ve una relación inversa del valor de pH y el porcentaje de acidez titulable en todas las frutas, el contenido de azúcares en la muestras disminuye con la aplicación de estrés en las plantas de tomate de árbol, siendo estos valores menores que los encontrados en literatura para esta misma fruta. El comportamiento postcosecha del tomate de

árbol corresponde al de una fruta no climatérica, ya que a medida que pasan los días de almacenamiento la respiración se va volviendo menos intensa para todos los tratamientos de este estudio. En base a la literatura y los resultados obtenidos, el uso de diferentes tipos de sombra reduce la concentración de compuestos fenólicos, sobre todo en las partes expuestas, mientras que al aplicar estrés de agua que reduce la cantidad de agua en el suelo éstos compuestos aumentan. La luz si influye en el contenido fenólico y en la capacidad antioxidante en los vegetales sobretodo en las partes expuestas, ya que partes que están cubiertas por mayor sombra muestra menor contenido fenólico y capacidad antioxidante. El otro factor de estrés, el agua muestra diferente comportamiento, ya que al saturar el suelo y las raíces tener agua disponible todo el tiempo, redujo el contenido fenólico de los frutos; pero al llevar la planta a condiciones de sequía aumentó el contenido polifenólico, siendo en este estudio el tratamiento que mejor resultado dio en su contenido fenólico y capacidad antioxidante. De todos los compuestos fenólicos analizados en este estudio, se presume que el que aparece en función del tiempo de retención y porque al inyectar el pico de la muestra se incrementa es el ácido gálico, un potencial antioxidante derivado de los taninos hidrolizables. En la mayoría de artículos revisados se hace un enfoque sobretodo a las partes expuestas de la planta como hojas en plantas medicinales, en el caso del tomate riñón se hace un análisis en la pulpa y cáscara tomando en cuenta que las dos se consumen, en este estudio se ha analizado la pulpa del tomate de árbol, en función de que esta es la parte comestible de la fruta y que la cáscara es lo que se desecha, sin encontrarse diferencias en los atributos de la pulpa como sabor, dureza, olor, dulzor y acidez. Los resultados muestran que puede existir un incremento en el contenido de

polifenoles al manipular técnicas agrícolas, las cuales junto con la genética y las condiciones ambientales son los determinantes importantes para la acumulación de compuestos fenólicos con capacidad antioxidante, que en el caso de ésta fruta podrían acumularse en las hojas y la cáscara, ya que la capacidad antioxidante de ésta fruta comparada con otras es baja, por lo que estudios con la cáscara y sus posibles formas de consumo deberían ser analizados.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación fue realizado gracias al Proyecto de la Unidad Europea, FP6-2003-INCO-DEV-2 "Producing added value from under-utilized tropical fruit crops with high commercial potential" (PAVUC).

REFERENCIAS

1. INIAP Manual del Cultivo de Tomate de Árbol (*Solanum betaceum* Cav.) Proyecto IQCV 008: Generación y Difusión de alternativas tecnológicas para mejorar la productividad del tomate de árbol y babaco en la sierra ecuatoriana; INIAP - Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Programa de Fruticultura. PROMSA: Quito, 2004; p 51.
2. Eroski, F. Tamarillo. <http://frutas.consumer.es/documentos/tropicales/tamarillo/intro>
3. Sánchez-Moreno, C.; Larrauri, J. A.; Saura-Calixto, F., A Procedure to Measure the Antiradical Efficiency of Polyphenols. *J. of Science Food Agriculture* 1998, 76, 270-276.
4. Wong, F. Identificación, Desarrollo, Manejo y Diseminación de Nuevas Técnicas Agronómicas para la Bioacumulación del Principio Activo en Plantas Medicinales de Exportación. <http://www.mag.gov.ec/promsa/Resumen%20AG-Ct-020.htm>. 2005.
5. Horwitz, W., *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 17th. ed.; Maryland, 2000; Vol. II.
6. Määttä, K.; Kamal-Eldin, A.; Törrönen, R., Phenolic Compounds in Berries of Black,

- Red, Green and White Currants (*Ribes sp.*). Antioxidants & Redox signaling. 2001, 3, 981-993.
7. Vasco, C. Qualitative and Quantitative Analysis of Phenolic Compounds with Antioxidant Capacity in a Selection of Fruits and Vegetables Cultivated in Ecuador. Escuela Politécnica Nacional. Quito Ecuador and Chalmers University of Technology, Gothemburg-Sweden, 2005.
 8. Folin, O.; Ciocalteu, V., On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *J. Biol. Chem.* 1927, 73, 627-650.
 9. Witting, E., *Evaluación Sensorial. Una metodología actual para tecnología de alimentos.* Talleres Gráficos USACH Santiago, 1994; p 134.
 10. LanKun, W.; WeiDong, H.; JiCheng, Z. Effects of low light intensity on sweet cherry fruit setting and quality. *Journal of China Agricultural University.* 2002, 3.
 11. León, J.; Viteri, P.; Cevallos, G., *Manual del Cultivo de Tomate de Árbol.* INIAP - PROMSA Quito, 2004; Vol. 61, p 51.
 12. Prohens, J.; Nuez, F., *The Tamarillo (Cyphomandra betacea): A Review of a Promising Small Fruit Crop.* The Haworth Press, Inc.: Valencia, 2000; Vol. 1, p 43-67.
 13. MAG; IICA Identificación de Mercados y Tecnología para Productos Agrícolas Tradicionales de Export. Tomate de Árbol http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/Convenio%20MAG%20IICA/productos/tomate_arbol_mag.pdf
 14. Márquez, C. J.; Otero, M.; Misael, C., Cambios Fisiológicos, Texturales, Físicoquímicos y Microestructurales del Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea* S.) en Poscosecha. *VITAE, Rev. de la Facultad de Química Farmacéutica* 2008, 14, 1-11.
 15. Dumas, Y.; Dadomo, M.; Lucca, G. D.; Grolier, P., Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2003, 83, 369-382.
 16. Luthria, D.; Mukhopadhyay, S.; Krizek, D., Content of total phenolics and phenolic acids in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits as influenced by cultivar and solar UV radiation. *Journal of Food Chemistry and Analysis* 2006, 19, 771 - 777.
 17. Anttonen, M.; Hoppula, K.; Nestby, R.; Verheul, M.; Karkalainen, R., Influence of Fertilization, Mulch Color, Early Forcing, Fruit Order, Planting Date, Shading, Growing Environment, and Genotype on the Contents of Selected Phenolics in Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) Fruits. *J. of Agric. and Food Chem* 2006, 54, 2614-2620.
 18. Marsillo, V.; d'Andria, R.; Lanza, B.; Russi, F.; Iannucci, E.; Lavini, A.; Morelli, G., Effect of irrigation and lactic acid bacteria inoculants on the phenolic fraction, fermentation and sensory characteristics of olive (*Olea europaea* L. cv. Ascolana tenera) fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2006, 86, 1005 - 1013.
 19. Marques, I. M. S. d. C., Effects of water stress on the proximate composition and mineral contents of seeds of two lupins (*Lupinus albus* and *Lupinus mutabilis*). *Journal of Food Quality* 2005, 28, 325-332.
 20. Baher, Z. F.; Mirza, M.; Ghorbanli, M.; Rezaii, M. B., The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in *Satureja hortensis* L. *Flavour and Fragrance Journal* 2002, 17, 275-277.
 21. Abreu, I.; Mazzafera, P., Effect of water and temperature stress on the content of active constituents of *Hypericum brasiliense* Choisy. *Plant Physiology and Biochemistry* 2005, 43, 241-248.