

# Efecto del riego y de la fertilización sobre la incidencia del rajado en frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Sylvania (Cundinamarca)

Effect of irrigation and fertilisation on cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruit cracking in the Sylvania region (Cundinamarca)

Olga Patricia Gordillo<sup>1</sup>, Gerhard Fischer<sup>2</sup> y Ricardo Guerrero<sup>3</sup>

**Resumen:** En un huerto de San Raimundo (Cundinamarca) fueron evaluadas tres láminas de riego: L1 (sin riego), L2 (80% de la evaporación, E.V.), L3 (100% E.V.) y L4 (120% E.V.) y cinco tratamientos de fertilización: T1 (testigo sin fertilización), T2 (fertilización técnica), T3 (fertilización técnica con bajo nivel de potasio), T4 (fertilización técnica sin boro), T5 (fertilización técnica con calcio adicional) y T6 (fertilización tradicional del agricultor), con el fin de determinar su influencia sobre el porcentaje de rajado que aqueja los frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.), en los estados de maduración del fruto (3, 4, 5 y 6 según la norma NTC 4580 del ICONTEC). Después de cinco meses de estudio (julio a noviembre de 2002), los resultados indicaron que en los tres primeros meses de evaluación, tanto el riego como la interacción riego por fertilización no tuvieron efecto significativo sobre el porcentaje de rajado, pero sí lo obtuvo la fertilización, por cuanto la carencia de boro, el bajo nivel de potasio y la fertilización del agricultor, incrementaron el fenómeno significativamente. En el cuarto mes del estudio, el riego, la fertilización y la interacción riego por fertilización, causaron efectos significativos, así: (a) el menor porcentaje de rajado se presentó en el tratamiento sin riego en comparación con los tratamientos con riego; (b) la fertilización del agricultor y la fertilización técnica sin boro presentaron el mayor porcentaje de rajado, con respecto a los tratamientos sin fertilización, fertilización técnica y fertilización técnica con calcio adicional; (c) la lámina de riego afectó los porcentajes de rajado en los tratamientos de agricultor y en el tratamiento técnico sin boro, incrementando de esta manera su respuesta. En el quinto mes de estudio los tratamientos de fertilización correspondientes al agricultor, técnico sin boro y técnico con baja dosis de potasio, mostraron los mayores

**Abstract:** L1 (no irrigation), L2 (80% evaporation, EV), L3 (100% evaporation) and L4 (120% evaporation) irrigation levels and five types of fertilisation were evaluated in an orchard in Sylvania (Cundinamarca) to determine their influence on cape gooseberry fruit cracking, taking ICONTEC's established ripening stages 3, 4, 5 and 6 into account. Fertilisation consisted of T1 (control having no fertilisation), T2 (technical fertilisation), T3 (technical fertilisation having low potassium level), T4 (technical fertilisation using no boron), T5 (technical fertilisation having added calcium) and T6 (farmer's fertilisation). Results indicated that during the five-month study's first three months (July to September 2002) irrigation and irrigation interacting with fertilisation did not have any significant effect on the percentage of cracking; however, B deficiency, low K levels and farmer's fertilisation had a significant effect on cracking. Irrigation, farmer's fertilisation and irrigation interacting with fertilisation caused significant effects during the fourth month of sampling such as: (a) the lowest percentage of cracking being obtained without irrigation compared to treatment involving watering; (b) farmer's fertilisation and technical fertilisation without B presenting the highest cracking respecting technical fertilisation, technical fertilisation with low K and control; and (c) increased irrigation levels enhancing cracked fruit percentage in technical fertilisation and fertilisation having low K content. Farmer's fertilisation, technical fertilisation without B and those with low K showed the highest percentage of cracking during the study's fifth month as compared to control, technical fertilisation and

...

...

Fecha de recepción: 24 de marzo de 2004.  
Aceptado para publicación: 27 de mayo de 2004.

- 1 Ingeniera Agrónoma, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: olgapgr@lycos.com
- 2 Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: gfischer@unal.edu.co
- 3 Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: chautala@hotmail.com

porcentajes de rajado, comparados con los tratamientos de fertilización técnica, técnica con calcio adicional y sin fertilización. En este mismo muestreo, cuando aumentó la lámina de riego aplicada, tanto en la fertilización técnica como en la técnica con baja dosis de potasio, también se incrementó el porcentaje de rajado en los frutos de uchuva. El porcentaje de rajado promedio para todos los tratamientos se presentó en relación directa con el estado de maduración del fruto y el mayor porcentaje se presentó en los estados 5 y 6 de maduración, con 39,25 y 35,81%, respectivamente, mientras que en los estados 3 y 4 fue de 4,79 y 20,17%, respectivamente.

**Palabras clave:** Boro, calcio, potasio, maduración, pared celular, parénquima, turgencia celular.

those having additional Ca treatment. Not only technical fertilisation but also those with low K level had an increased percentage of cracked cape gooseberry fruits when the irrigation levels were higher in the same sampling. Average cracking percentages for all treatments were directly related to fruit ripening stage; the highest incidence of cracking was obtained during stages 5 and 6 (39.25% and 35.81% respectively), while this was only 4.79% and 20.17% in stages 3 and 4, respectively.

**Key words:** Boron, calcium, potassium, ripening, cell wall, parenchyma, cell turgidity.

## Introducción

UNO DE LOS FACTORES QUE CONDICIONA la producción de la uchuva es la susceptibilidad que esta fruta presenta al rajamiento o rajado, condición debida a una serie de factores intrínsecos y extrínsecos. El parénquima de los frutos de uchuva no es compacto y presenta numerosas 'lagunas', cuyo número y tamaño aumenta a medida que el fruto madura (Valencia, 1985); el grado de cohesión celular está directamente relacionado con la capacidad de retención de líquidos dentro de la pulpa de los frutos y, por tanto, con las fuerzas de presión en el interior de los mismos (Opara, 1997).

El origen de la uchuva es silvestre y en razón de la importancia que esta fruta representa para la economía exportadora del país, se ha visto la necesidad de aumentar su eficiencia en rendimiento y calidad. Esta especie ha pasado de carecer de manejo agronómico a recibir prácticas de manejo tecnológico con el fin de conseguir frutos de mayor tamaño y lograr las características que exigen los mercados externo e interno.

Algunos factores de manejo como las podas, la época de cosecha, el estado de maduración del fruto cosechado, el balance nutricional, el balance hídrico, entre otros, además de otros factores medioambientales, pueden favorecer el riesgo de inducir rajado o agrietamiento en la uchuva.

La nutrición de las plantas afecta, tanto la calidad interna como la externa, actuando sobre la firmeza y

la respiración de los frutos cosechados. La edad de la planta influye en el tamaño y en la calidad del fruto. La época de recolección también incide: si se retrasa, al producir una baja en el rendimiento y la calidad posterior de los frutos, y si se adelanta, al obtener frutos con características organolépticas pobres (Villamizar y Ospina, 1995).

Según Fischer (2000a), un suministro irregular de agua en el cultivo de la uchuva, ocasionado por ejemplo por una poda muy severa, causa el rajado del fruto; Pinzón y Rodríguez (1999), encontraron que la adición de un polímero absorbente de agua (Stockosorb®) a la zona radical, suministra humedad constante a las raíces y disminuye la presencia de frutos hendidos.

El rajado es el desorden que tiene mayor relación con el suministro de agua a los frutos según Fischer (2000c). En tomate, se deben evitar cambios bruscos de humedad en el suelo durante la época de cosecha, ya que si esto ocurre, se presentan rajaduras en los frutos (Lobo, 1979).

En sus estudios, Kamimura y Yicawa (1972) explicaron el efecto que tiene la humedad del suelo sobre la piel de los frutos de tomate; los incrementos súbitos en la humedad del suelo reducen la fuerza de tensión normal de la piel, reduciendo su fuerza de elasticidad y haciendo que ésta se agrande rápidamente y desarrolle el agrietamiento.

El rajado en tomate puede ser promovido por un rápido crecimiento, una amplia diferencia entre la tempe-

ratura diurna y nocturna y un inadecuado programa de fertilización; algunas variedades son simplemente más susceptibles al 'cracking', pero la razón más común es la suplencia insuficiente de agua seguido por demasiada agua (Snaider, 2001).

Durante el crecimiento inicial de la planta de uchuva, y con una fertilización abundante (especialmente la nitrogenada), los frutos tienden a rajarse más, comparado con plantas menos vigorosas (Fischer, 2000b). Altos contenidos de nitrógeno en el suelo, ocasionados en algunos casos por sobrefertilización química u orgánica, o altos porcentajes de materia orgánica por encima del 20%, producen frutos de gran tamaño y altos porcentajes de rajado en campo y durante la poscosecha; dichos porcentajes pueden superar el 30% de la fruta cosechada (Mora, 2004).

La reducción en las aplicaciones de N (30 vs. 80 kg·ha<sup>-1</sup>) en manzanas Royal Gala susceptibles al 'cracking', redujeron el agrietamiento de 10 a 5% en 1999 (Andrews, 2001). Según Opara (1997), los elementos nutricionales que están más relacionados con el rajado de los frutos son el calcio, el boro y el nitrógeno. Deficiencias en calcio y boro pueden provocar el desarrollo de frutos rajados y altas concentraciones de nitrógeno podrían agravar este desorden (Shear, 1971). Un tipo de rajado menos acentuado se ha encontrado en huertos que utilizan coberturas del suelo con pasto (a causa de la competencia por el N).

Según Poovaiah (1986), el calcio forma parte importante de la constitución de la membrana de las células y se acumula entre pared celular y lámina media, en donde interacciona con el ácido péctico para formar pectato de calcio, lo que confiere la estabilidad y mantiene la integridad de éstas; desde este punto de vista, el calcio tiene gran importancia en la economía del agua (Triana, 2001). Compuestos de calcio pulverizado aplicados durante la precosecha en cerezas pueden favorecer la firmeza de los frutos y su resistencia al rajado, así como a otros factores de calidad (Podesta *et al.*, 1998).

Serrano y Primo (1989), estudiaron los efectos de cuatro tratamientos diferenciales (N, NP, NK, NPK) en un suelo limoarcilloso con bajo contenido de potasio en árboles de naranja de la variedad Hamlin. Se observó una respuesta a la aplicación potásica, de forma tal, que en los tratamientos donde se aplicó potasio, se obtuvo una reducción significativa en el rajado, 23% compara-

do con 1,5% en árboles no fertilizados con potasio; los autores reportaron que la insuficiencia de este nutriente provoca una disminución en el espesor de la piel.

Andrews (2001) argumentó que el rajado característico del hueco del pedúnculo en manzana, está relacionado con la maduración; el riesgo de ocurrencia aumenta cuando la fruta alcanza un grado de color y de sabor satisfactorio, momento oportuno para la cosecha. En términos de madurez interna, los tejidos corticales que forman el hueco del pedúnculo maduran más rápido que los tejidos cercanos a la zona ecuatorial. Los autores creen que la pared celular de la pulpa cercana al hueco del pedúnculo se debilita antes que las paredes celulares de otras partes de la fruta. Estudios microscópicos indicaron que el rajado se deriva de la separación de la pared celular, ocasionada por el incremento de las fuerzas internas; de esta forma se separan las paredes celulares de las células del hueco del pedúnculo, para promover el rajado en esta parte de la fruta.

El rajado no es atribuible a un solo factor, sino que obedece a la interacción de múltiples factores. El rajado toma importancia si se considera que el agrietamiento de los frutos puede estropear la apariencia de la fruta y ocasionar pérdidas del producto, tanto en fresco como durante su procesamiento industrial; así mismo, acorta la vida en el estante y puede ser el punto de contaminación para bacterias y hongos en la poscosecha (Snaider, 2001). Lo anterior conlleva a que los frutos de uchuva agrietados no sean considerados como exportables, lo cual repercute en los ingresos del agricultor.

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto que tienen sobre el rajado, desde el punto de vista nutricional, el potasio, el boro y el calcio; así mismo, examinar la incidencia sobre el rajado de la aplicación de láminas de riego al cultivo de uchuva. Los resultados pueden contribuir a explicar el fenómeno del rajado en la uchuva, así como aportar alternativas de manejo para reducir este desorden, común en esta especie.

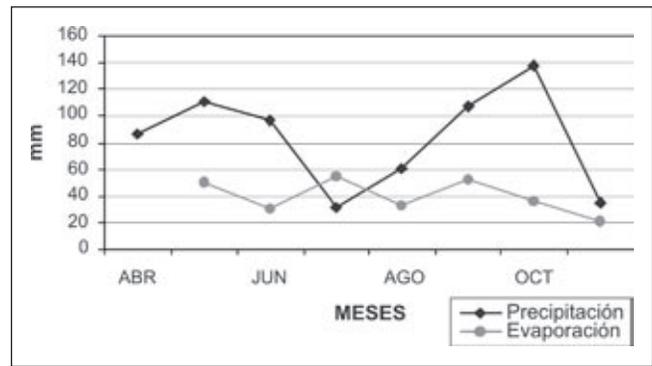
## Materiales y métodos

La fase experimental de la investigación se realizó en el municipio de Silvania (Cundinamarca), en la vereda Noruega Baja, zona considerada como óptima para la producción de uchuva y la de mayor tradición en este cultivo; esta zona presenta una altitud de 2.200 m.s.n.m., precipitación media anual de 1.780 a 2.000

mm, temperatura que oscila entre 14 y 19° C y una humedad relativa alrededor de 98 % en invierno y de 80% en verano; el relieve es inclinado con topografía ondulada. La capa arable corresponde a un suelo Arenoso-Franco, con 9,4 % de materia orgánica, pH de 5,54; además, presentaba contenidos deficientes de fósforo, magnesio, boro, zinc, cobre y manganeso, nivel medio de potasio, calcio y azufre, con una baja capacidad de intercambio catiónico.

Se adecuó un espacio de 1.550 m<sup>2</sup>, en donde fueron sembradas plantas de uchuva a una distancia de 2,50 m x 2,80 m, el día 20 de febrero de 2002. Se instaló un sistema de riego por goteo para suministrar las tres láminas de riego (80, 100 y 120% de la evaporación, denominadas como L2, L3 y L4, respectivamente). La lámina (L) entregada en cada tratamiento (T), se obtuvo de acuerdo con la metodología citada por Boswel (1990) y Campos (2000), en donde la lámina de riego se calculó a partir del balance entre la evapotranspiración y la precipitación. La evapotranspiración fue determinada por medio de un tanque evaporímetro tipo A, mientras la precipitación se obtuvo por medio de un pluviómetro; además, se instaló un tensiómetro en cada uno de los tratamientos de riego. Se llevaron a cabo registros diarios a las 7:00 a.m. y a la 1:00 p.m. de cada uno de los instrumentos instalados dentro del cultivo (tanque de evaporación tipo A, tensiómetros y pluviómetros) durante el ensayo (Figura 1).

Las diferentes láminas de riego se empezaron a aplicar el día 18 de julio de 2002 y los tratamientos de fertilización, desde el transplante, fijando las dosis de nutrientes de acuerdo con el análisis fisicoquímico del suelo. Durante el ensayo se llevaron a cabo dos análisis de suelos en cada tratamiento de fertilización (al inicio y al final del ensayo) y dos análisis foliares (en la etapa vegetativa del cultivo y al quinto mes de producción).



**Figura 1.** Registro de evaporación y precipitación promedio mensual en los meses de abril a noviembre de 2002 en la vereda Noruega Baja, municipio de Silvania, Cundinamarca.

El manejo que recibió el cultivo fue el tradicional que llevan a cabo en la zona, tutorado en V. Se empleó un diseño estadístico de Bloques Completos al Azar con parcelas divididas. Las parcelas principales correspondieron a las cuatro láminas de riego: L1, L2, L3 y L4 con 0, 80, 100 y 120% de la lámina evaporada por el tanque evaporímetro; en otras seis subparcelas se aplicaron los tratamientos de fertilización (T1, T2, T3, T4, T5 y T6), cuya denominación y modalidad se pueden ver en la Tabla 1.

La fertilización edáfica se llevó a cabo de manera fraccionada y la foliar en intervalos de 20 días. Los tratamientos de fertilización se distribuyeron aleatoriamente dentro de las cuatro láminas de riego, para un total de 24 tratamientos, con tres réplicas por cada uno de ellos. La unidad experimental correspondió a tres plantas.

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y las diferencias entre los tratamientos se establecieron mediante la prueba de comparación múltiple con un nivel del 5% de probabilidad; dicha información se procesó con el paquete estadístico SAS®. Las variables

**Tabla 1.** Tratamientos de fertilización y dosis de elementos aplicados (kg·ha<sup>-1</sup>).

Tratamiento de fertilización		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	B	Cu, Zn, Mn	Humus
1 Sin fertilización	Sin Fe	0	0	0	0	0	0	0	0
2 Técnico	Fe Te	150	220	100 + A. f	60	0	1	A. f	0
3 Técnico con bajo nivel de potasio	Fe Te — K	150	220	10	60	0	1	A. f	0
4 Técnico sin boro	Fe Te — B	150	220	100 + A. f	60	0	0	A. f	0
5 Técnico con calcio adicional	Fe Te + Ca	150	220	100 + A. f	60	100	1	A. f	0
6 Tradicional del agricultor	Fe Agri	90	100	56	20	10	0.5	A. s	500 g·planta <sup>-1</sup>

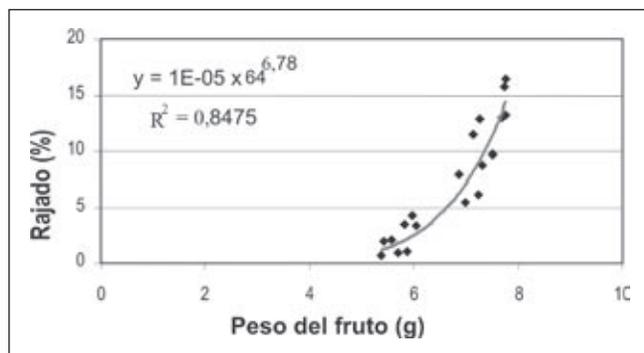
A. f: Aspersiones foliares con KNO<sub>3</sub>. A. s: Aplicación al suelo.

evaluadas fueron: (a) Porcentaje de rajado por planta y por tratamiento en cada uno de los cinco meses de estudio (julio a noviembre de 2002); (b) Porcentaje de rajado por planta y por tratamiento en los estados de maduración 3, 4, 5 y 6 según la norma del ICONTEC 4580. Se realizaron dos muestreos por semana, los cuales correspondieron al método de recolección realizado en la zona de estudio, la fruta cosechada en el ensayo fue transportada a una planta exportadora de frutas para la clasificación y evaluación individual de cada uno de los frutos.

## Resultados y discusión

### Porcentaje de rajado

El mayor porcentaje de rajado total para todos los meses de evaluación y para todos los tratamientos se presentó en el primer mes de producción (julio) con un promedio de 15,1%, mientras que en noviembre, el porcentaje de rajado cayó drásticamente a 1,15%. Esta tendencia se halla en relación directa con el tamaño de los frutos: al inicio de la cosecha los frutos son de mayor tamaño que los frutos cosechados al final de la producción; el agua y los nutrientes del suelo se distribuyen mejor sobre los pocos frutos ubicados cerca del suelo, lo que trae como consecuencia frutos de mayor tamaño y con ello, mayor susceptibilidad al rajado (Figura 2).



**Figura 2.** Tendencia y ecuación de regresión estimada entre el porcentaje de rajado y el peso del fruto de la uchuva.

Este comportamiento coincide con lo reportado por Bakker (1988), quien encontró que el porcentaje de frutos con rajado en tomate bajo invernadero es alto al inicio de cada período de producción; el autor explica este resultado como efecto de ciertos factores relacionados con las diferencias en el crecimiento de los frutos, así como en el balance entre el área foliar y el peso de

los frutos. Serrano y Primo (1989), argumentaron que cuanto mayor es el tamaño de la naranja Navel, mayor es la posibilidad de que se produzca el rajado.

En muchos casos se ha observado una mayor incidencia del rajado en árboles con una baja carga de frutos, especialmente en frutas drupáceas (ciruelo, durazno, cerezo) y en bayas como la uchuva; en este último caso, se ha observado que, en los estados iniciales de producción de la planta, o cuando se ha efectuado un raleo de ramas, se cuarteán la uchuvas con facilidad; por esta razón es recomendable eliminar las primeras flores debido al alto porcentaje de frutos rajados que se desarrollan cerca de la superficie del suelo (Fischer, 2004).

El efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de rajado fue diferencial en cada uno de los meses de evaluación. En los tres primeros meses (julio, agosto y septiembre), el efecto de la lámina de riego y de la interacción lámina por fertilización no resultó significativa, pero el efecto de la fertilización sí lo fue. En el mes de octubre, tanto el efecto de la lámina como el de la fertilización y su interacción resultaron significativos (Tablas 2, 3 y 4 y Figuras 3, 4 y 5). Estos resultados podrían explicarse por un efecto acumulativo de una mayor demanda hídrica de las plantas en este mes, época que coincide con el pico de producción. El efecto de la lámina de riego en los meses anteriores pudo haberse limitado por la precipitación ocurrida en la zona de estudio (Tabla 1).

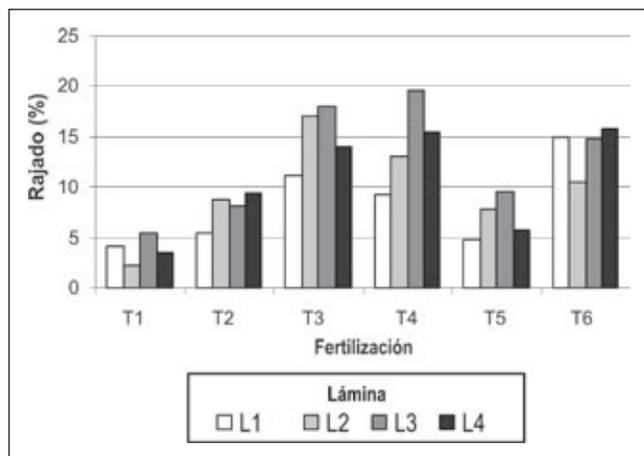
Los porcentajes de rajado obtenidos indican que el diagnóstico nutricional empleado para la fertilización técnica fue más acertado que el testigo comercial del agricultor. La dosis baja de potasio, así como la carencia de boro en la fertilización, favorecieron la incidencia de rajado, mientras que la no aplicación de fertilización contribuyó a la disminución del porcentaje de rajado en frutos de uchuva; tanto en la fertilización del agricultor como en la fertilización con baja dosis de potasio, el nivel de potasio foliar fue bajo: 1,83 y 1,73 %, respectivamente; en el tratamiento técnico sin boro, el nivel de boro foliar fue adecuado (30 ppm), aunque el análisis de suelos al final del ensayo mostró deficiencia del mismo (0,01 ppm). De acuerdo con lo anterior se puede decir que las carencias de potasio pueden contribuir al agriturismo, mientras que, en el caso del boro, la respuesta pudo haberse dado por desbalance en la planta, más que por deficiencia de este elemento. En el estudio, poner una dosis adecuada de boro y potasio, de acuerdo con el diagnóstico del suelo, fue importante para dismi-

**Tabla 2.** Efecto de tres niveles de riego y cinco tratamientos de fertilización sobre el porcentaje de rajado en frutos de uchuva en los tres primeros meses de evaluación.

	T1 Sin Fe	T2 Fe Te	T3 Fe Te - K	T4 Fe Te - B	T5 Fe Te + Ca	T6 Fe Agr	Promedio
L1 0	4,07	5,37	11,1	9,3	4,7	15,04	8,26
L2 80	2,17	8,78	17,07	13,047	7,76	10,49	9,89
L3 100	5,35	8,07	18	19,51	9,6	14,73	12,5
L4 120	3,43	9,32	14,09	15,47	5,69	15,7	10,6
Prom.	3,76 c	7,89 b	15,06 a	14,33 a	6,94 b	13,99 a	10,3

Letras diferentes indican diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.05$ ) de acuerdo con las pruebas de comparación múltiple.

T: Tratamiento aplicado. T1 Sin Fe: Sin fertilización. T2 Fe Te: Fertilización técnica. T3 Fe Te - K: Fertilización técnica con bajo nivel de potasio. T4 Fe Te - B: Fertilización técnica con bajo nivel de boro. T5 Fe Te + Ca: Fertilización técnica con calcio adicional. T6 Fe Agr: Tratamiento tradicional del agricultor.



**Figura 3.** Porcentaje de rajado en frutos de uchuva en respuesta al riego y a la fertilización en los tres primeros meses de evaluación.

nuir la incidencia del rajado en frutos de uchuva. Tanto la baja dosis de potasio como la fertilización técnica sin boro, provocaron disminución de la disponibilidad de potasio y de calcio; la relación calcio/boro para estos dos tratamientos fue de 417 y 403, respectivamente; estas fueron las relaciones más bajas.

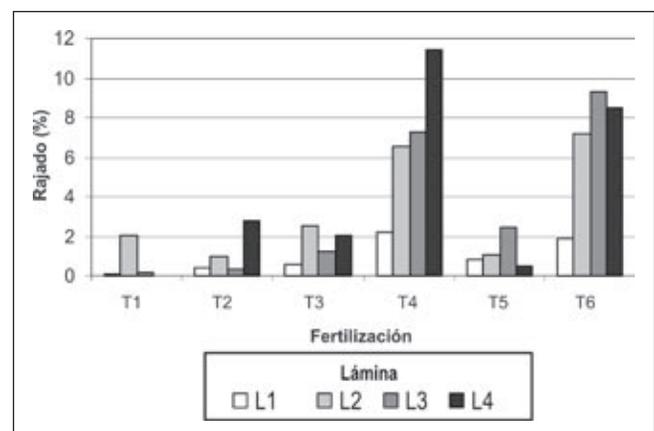
El equilibrio nutricional es importante para mantener un equilibrio iónico y para lograr el mantenimiento de un buen estado de hidratación del citoplasma, con el fin de que se conserve la estructura (Triana, 2001).

El tratamiento que presentó menor porcentaje de rajado fue T1 (Sin Fe), seguido por T5 (Fe Te + Ca) y T2 (Fe Te). En T1 (Sin Fe), los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio al final del ensayo, fueron deficientes; además, fue el tratamiento que obtuvo el menor tamaño y peso unitario de fruto. T2 (Fe Te) y T5 (Fe Te + Ca), presentaron niveles foliares adecuados y balanceados de todos sus elementos, excepto por el fósforo.

Bakker (1988), argumentó que la fertilización favorece el desarrollo de los frutos; en el tomate se desarrollan con mayor rapidez pero incrementan la incidencia de *russetting* (desorden relacionado con el *cracking*).

Los tratamientos T2 (Fe Te) y T5 (Fe Te + Ca) fueron estadísticamente similares, lo que demuestra que la dosis adicional de calcio en el tratamiento técnico, no tuvo efecto sobre la disminución en el rajado, debido posiblemente, a que el nivel de calcio en el suelo se encontraba en un nivel medio, posiblemente el adecuado para el cultivo.

En el cuarto mes, tanto la lámina de riego, como la fertilización y la interacción lámina por fertilización, tuvieron un efecto significativo sobre el porcentaje de rajado (Tabla 3 y Figura 4). El menor porcentaje de rajado ocurrió en el tratamiento en el cual no se aplicó riego, con respecto a aquellos tratamientos que si lo recibieron.



**Figura 4.** Porcentaje de rajado en frutos de uchuva como respuesta al riego y a la fertilización en el cuarto mes de evaluación.

**Tabla 3.** Efecto de tres niveles de riego y cinco tratamientos de fertilización sobre el porcentaje de rajado en frutos de uchuva en el cuarto mes de evaluación.

	T1 SinFe	T2 FeTe	T3 FeTe-K	T4 FeTe-B	T5 FeTe+Ca	T6 FeAgr	Prom.
L1 0	0,11	0,41	0,57	2,18 b	0,79	1,88 b	0.99 b
L2 80	2,02	0,94	2,56	6,52 a	1,08	7,19 a	3.39 a
L3 100	0,14	0,34	1,21	7,25 a	2,45	9,30 a	3.45 a
L4 120	0,00	2,76	2,02	11,41 a	0,52	8,52 a	4.21 a
Prom.	0.57 b	1.11 b	1.59 b	6.84 a	1.21 b	6.72 a	

Letras diferentes indican: Diferencias altamente significativas  $P \leq 0.05$  de acuerdo con las pruebas de comparación múltiple.

T: Tratamiento aplicado. T1 Sin Fe: Sin fertilización. T2 Fe Te: Fertilización técnica. T3 Fe Te - K: Fertilización técnica con bajo nivel de potasio. T4 Fe Te - B: Fertilización técnica con bajo nivel de boro. T5 Fe Te + Ca: Fertilización técnica con calcio adicional. T6 Fe Agr: Tratamiento tradicional del agricultor.

Peet (1992), en sus investigaciones acerca del efecto de diferentes cantidades de fertilizantes y diferentes láminas de riego, sobre el rajado del tomate bajo invernadero, encontró que las plantas que recibieron más fertilización y más riego, tuvieron un alto porcentaje de rajado; la fertilización favoreció el rápido crecimiento de los frutos y existen evidencias de que ésta es una de las causas que lo incrementan; además hubo una clara tendencia en el sentido que las plantas que recibieron menos agua (tratamiento con un solo emisor) mostraron menor porcentaje de rajado.

Los tratamientos T6 (Fe Agr) y T4 (Fe Te - B) fueron los que mayor porcentaje de rajado exhibieron, en comparación con T1 (Sin Fe), T2 (Fe Te), T5 (Fe Te + Ca) y T3 (Fe Te - K).

En el cuarto mes, el porcentaje de rajado para T3 (Fe Te - K) disminuyó con respecto al mes anterior, lo cual podría explicarse por la drástica caída en el peso de los frutos causado por la deficiencia típica de potasio que mostraron las plantas de este tratamiento.

Tanto en la fertilización del agricultor como en la fertilización sin boro, el riego afectó el porcentaje de frutos

rajados en estos tratamientos; así, tanto L2 como L3 y L4 presentaron mayor porcentaje de rajado con respecto a L1 (sin riego).

En el quinto mes, la lámina de riego no afectó la respuesta de esta variable, pero tanto la fertilización como la interacción lámina por fertilización, si influyeron sobre el porcentaje de rajado (ver Tabla 4 y Figura 5).

Las comparaciones indican que T6 (Fe Agr), T4 (Fe Te - B) y T3 (Fe Te - K) registraron los mayores porcentajes de rajado, comparados con T1 (Sin Fe), y T5 (Fe Te + Ca). T1 presentó el menor porcentaje de rajado pero el rendimiento más bajo (Tabla 5).

A mayor cantidad de agua aplicada, tanto en la fertilización técnica como en la fertilización con bajo nivel de potasio, mayor fue el porcentaje de rajado sobre los frutos de uchuva.

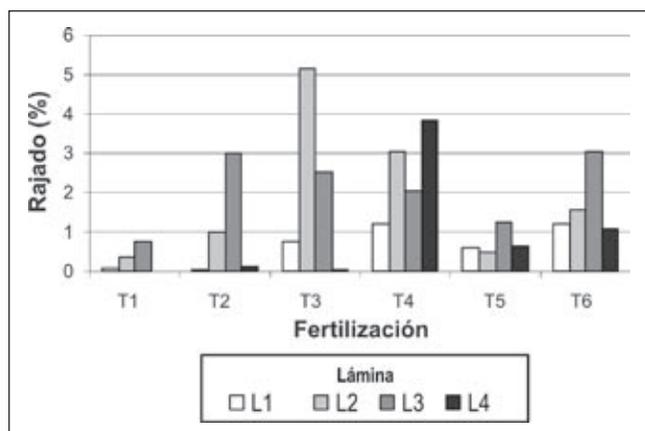
La uchuva aumenta su peso fresco considerablemente, hasta que pasa la madurez fisiológica en la planta; por tanto, reacciona con el rajado por aplicaciones de agua tardías en el desarrollo del fruto (Fischer, 2004).

**Tabla 4.** Efecto de tres niveles de riego y cinco tratamientos de fertilización sobre el porcentaje de rajado en frutos de uchuva en el quinto mes de evaluación.

	T1 SinFe	T2 FeTe	T3 FeTe-K	T4 FeTe-B	T5 FeTe+Ca	T6 FeAgr	prom.
L1 0	0,07	0,05 b	0,76	1,2	0,61	1,21	0.65
L2 80	0,36	1,02 ab	5,17	3,05	0,5	1,58	1.95
L3 100	0,76	3,00 a	2,51	2,03	1,23	3,03	2.09
L4 120	0	0,11 b	0,05	3,83	0,65	1,07	0.95
Prom.	0.30 b	1.05 b	2.12 a	2.53 a	0.75 b	1.72 a	

Letras diferentes indican: Diferencias altamente significativas  $P \leq 0.05$  de acuerdo con las pruebas de comparación múltiple.

T: Tratamiento aplicado. T1 Sin Fe: Sin fertilización. T2 Fe Te: Fertilización técnica. T3 Fe Te - K: Fertilización técnica con bajo nivel de potasio. T4 Fe Te - B: Fertilización técnica con bajo nivel de boro. T5 Fe Te + Ca: Fertilización técnica con calcio adicional. T6 Fe Agr: Tratamiento tradicional del agricultor.



**Figura 5.** Porcentaje de rajado en frutos de uchuva como respuesta al riego y a la fertilización en el quinto mes de evaluación.

Los peores rajados en cerezas pueden ser ocasionados, no sólo por niveles de humedad en la periferia, sino por la humedad en el resto del árbol; además, existen pérdidas de agua en la fruta por los movimientos de agua a través del tallo; en la maduración de la fruta se pueden perder excesos de agua por transpiración a través de la epidermis (Webster y Cline, 1994).

Kamimura y Yikawa (1972), evaluaron la hipótesis de que el rajado en tomate bajo invernadero, puede ser reducido, mediante la cantidad de agua aplicada. Esta hipótesis se basó en la idea de que un alta presión en las raíces, causada por exceso de agua, incrementa la presión de turgencia en los frutos.

El potasio contribuye a mejorar las características externas, y el tamaño de los frutos. Una deficiencia potásica aumenta la respiración e induce la descomposición fisiológica. El aporte al suelo de K, Mg y S, impiden que los frutos se revienten. (Instituto Internacional de la Potasa, 1976).

El potasio desempeña un papel en la osmoregulación y su deficiencia produce pérdida de turgencia y marchitamiento, más acentuado, cuando hay déficit hídrico (Azcon-Bieto y Talon, 2000). El potasio juega un papel importante en el control de la transpiración y del contenido de agua en las células, tiene una función específica en la economía del agua en la planta (Guerrero, 1991), además de dar firmeza a los tejidos y grosor a las paredes celulares, la deficiencia de potasio genera descomposición del tejido parenquimatoso (Black, 1975).

El boro está presente en las paredes celulares, es un constituyente de las pectinas, su deficiencia provoca alteraciones en el metabolismo celular, disminución en las pectinas de las paredes celulares en el tomate; influye, en la incorporación de proteínas y precursores dentro de la pared celular. El boro está involucrado en el mantenimiento del potencial de membrana, posiblemente por reacción con un sistema enzimático con redox y transporte de electrones en la membrana; este elemento altera la permeabilidad selectiva de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ . Un raro azúcar en la fracción péctica de las paredes celulares forma ésteres con ácido bórico o borato (Brown *et al.*, 2002). El boro está involucrado en el transporte de azúcares, así como en la síntesis, la lignificación, la integridad y la estructura de la pared celular (Loomis y Durst, 1992).

La aplicación de boro en el tomate, puede incrementar los niveles de potasio, aumentando los niveles de potasio y calcio en los frutos. El boro mejora el rendimiento, endurece y hacen más firmes los frutos, en términos de una mayor energía requerida para agrietarlos, mientras reduce el *cracking*. Así, se puede conseguir mejor calidad y producción, al tiempo que se reduce el riesgo de pudriciones en la poscosecha. Con más calcio en las hojas y en los frutos se consigue mayor firmeza (Sanders, 2002).

**Tabla 5.** Efecto de tres niveles de riego y cinco tratamientos de fertilización sobre el peso de frutos de uchuva por planta (kg).

	T1 SinFe	T2 FeTe	T3 FeTe-K	T4 FeTe-B	T5 FeTe+Ca	T6 FeAgr
L1 0	4,71	11,04	7,48	9,37	10,49	7,97
L2 80	3,64	10,16	7,72	9,54	10,91	7,73
L3 100	4,24	11,24	8,52	9,22	10,86	8,39
L4 120	4,56	11,29	8,79	10,47	11,79	9,97
Prom	4,29 d	10,93 a	8,13 c	9,65 b	11,01 a	8,52 c

Letras diferentes indican: Diferencias altamente significativas  $P \leq 0.05$  de acuerdo con las pruebas de comparación múltiple.

T: Tratamiento aplicado. T1 Sin Fe: Sin fertilización. T2 Fe Te: Fertilización técnica. T3 Fe Te - K: Fertilización técnica con bajo nivel de potasio. T4 Fe Te - B: Fertilización técnica con bajo nivel de boro. T5 Fe Te + Ca: Fertilización técnica con calcio adicional. T6 Fe Agr: Tratamiento tradicional del agricultor.

El calcio y el boro pueden jugar un rol de cooperación en la estabilidad de la membrana, por formación de complejos en los cuales el calcio se une al polyhydroxil borato ester o por directa asociación con diferentes compuestos de las membranas. El boro tiene función en la actividad secretora de la membrana. (Brown *et al.*, 2002).

### **Porcentaje de rajado y estado de maduración del fruto**

El porcentaje de rajado se presentó en relación directa con el estado de maduración del fruto, en donde los estados por encima del grado 4 tienen mayor probabilidad de presentar agrietamiento que los frutos que se encuentran en menor estado de maduración (Tabla 6).

**Tabla 6.** Comportamiento del porcentaje de rajado, de acuerdo con el estado de maduración (según ICONTEC, norma 4580) para todos los tratamientos, en los cinco meses de evaluación.

Estado de madurez	% de rajado promedio
3	5,4
4	22,0
5	33,0
6	39,0

Los cambios anatómicos que experimentan los frutos de uchuva durante el proceso de maduración corresponden al desarrollo progresivo de espacios intercelulares en el parénquima, generados por separación de las paredes celulares o por tensiones que ocasiona el alargamiento tangencial y/o radial de las mismas; las células cambian de forma y en algunos casos experimentan colapsos. Al comenzar la etapa de la maduración se acentúan más los cambios químicos que los anatómicos, la cantidad de agua se incrementa y ocasiona un aumento en el volumen del fruto (Valencia, 1985).

Según Valencia (2003), el rajado de la uchuva obedece a procesos de maduración prematura, asociada con los mecanismos de dispersión de semillas que se llevan a cabo en la bayas. Durante el proceso de maduración ocurre lisis de la lámina media, lo cual ocasiona movilización de jugos. Esta situación genera tensión en las paredes celulares y ocasiona el colapso de las vacuolas de las células del parénquima del fruto.

Peet & Willits (1995) observaron, que frutos de tomate cultivados bajo invernadero, y que van dirigidos para mercado en fresco, son cosechados entre verde y maduro, estado en el cual, existe menor probabilidad de ocurrencia del rajado; en cambio, cuando los frutos son cosechados en rosado, o en un estado superior de este madurez, la probabilidad de la ocurrencia del rajado es mayor.

### **Bibliografía**

- Andrews, P.K. 2001.** Gala splitting. Department of Horticulture & Landscape Architecture, Washington State University. Washington (USA). Tree Fruit Postharvest Conference. March 13<sup>th</sup> - 14<sup>th</sup>, 2001, Wenatchee, WA, pp. 1-6.
- Azcón-Bieto, J. y M. Talón. 2000.** Fisiología y bioquímica vegetal. Editorial McGraw-Hill Interamericana, Madrid. pp. 88-89, 93-94.
- Bakker, J. C. 1988.** Russetting (cuticle cracking) in glasshouse tomatoes in relation of fruit growth. *Journal of Horticultural Science* 63(3), 459-463.
- Black, C. A. 1975.** Potasio: El libro de las relaciones suelo-planta. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, Argentina. 132 p.
- Boswel, M. 1990.** Manual de diseño y manejo de sistemas de microirrigación. Madrid. pp. 197-210.
- Brown, P.; N. Bellaloui; M. Wimmer; E. Bassil; J. Ruiz; H. Hu; H. Pfeffer; F. Dannel y V. Römheld. 2002.** Boron in plant biology. *Plant Biology* 4, 205-223.
- Campos, A. 2000.** Manejo del riego en uchuva. En: Florez, V.J.; G. Fischer y A. Sora (eds.). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva *Physalis peruviana* L. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. pp. 9-26.
- Fischer, G. 2000a.** Fisiología del cultivo de la uchuva *Physalis peruviana* L. En: Memorias Tercer Seminario de Frutales de Clima frío Moderado. Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales -C.D.T.F.- Manizales. pp. 60-68.
- Fischer, G. 2000b.** Crecimiento y desarrollo. En: Florez, V.J.; G. Fischer y A. Sora (eds.). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva *Physalis peruviana* L. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. pp. 9-26.
- Fischer, G. 2000c.** Efectos de las condiciones en precosecha sobre la calidad poscosecha de los frutos. *Revista Comalfi* 27 (1-2), 39-50.

- Fischer, G. 2004.** Ecofisiología en frutales - Bases fisiológicas y aplicación. Libro en elaboración. Bogotá.
- Guerrero, R. 1991.** Fertilización de cultivos de clima cálido. Monómeros Colombo Venezolanos S.A., Barranquilla. 297 p.
- Instituto Internacional de la Potasa. 1976.** Vademécum de la potasa. Potasa y la calidad de los productos agrícolas. Alemania. 88 p.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC). 1998.** Frutas frescas. Uchuva: Especificaciones. Norma Técnica Colombiana NTC 4580. Bogotá. 15 p.
- Kamimura, S. y H. Yikawa. 1972.** Studies on fruit cracking in tomatoes. Bulletin of Horticultural Research Station Morioka (Iwate, Japón) 7, 7-138.
- Lobo, M. 1979.** Hortalizas. Manual de Asistencia Técnica, ICA. pp. 97-99.
- Loomis, W.D. y R.W. Durst. 1992.** Chemistry and biology of boron. BioFactors 3, 229-239.
- Mora, J. 2004.** Comunicación personal. Observaciones de campo en la Finca Sindamanoy. Municipio de Facatativá. Departamento de Cundinamarca, Colombia.
- Opara, L. 1997.** Fruit skin splitting and cracking. Horticultural Reviews 19, 217-262.
- Peet M.M. 1992.** Fruit cracking in tomato. HortTechnology 2, 216-223.
- Peet, M.M. y D.H. Willits. 1995.** Role of excess water in tomato fruit cracking. HortScience 30, 65-68.
- Pinzón, E. y H. Rodríguez. 1999.** Efecto de los polímetros absorbentes Stocksorb y Terracotem sobre el cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. pp. 12-13.
- Podesta, L.; F. Gil; M. Rodríguez y C. Arjona. 1998.** Efecto del calcio y el ácido giberélico sobre el tamaño, el *cracking* y otros parámetros de calidad en frutos de cerezo (*Prunus avium* L.) cv. Bing. XXI Congreso Argentino de Horticultura. Departamento de Producción Agropecuaria. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina. 36 p.
- Poovaiah, B.W. 1986.** Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. Food Technology. pp. 86-89.
- Sanders, D. 2002.** Boron: it can work wonders. Grower Guidelines, North Carolina State. 58 p.
- Serrano, Ll. y E. Primo. 1989.** El rajado, agrietado o *splitting* de los frutos cítricos. Levante Agrícola / segundo Trimestre. Valencia. pp. 98 -102.
- Shear, C.B. 1971.** Symptoms of calcium deficiency on leaves and fruit of 'York Imperial' apple. Journal of the American Society for Horticultural Science 96, 414-417.
- Snaider, R. 2001.** Tomato cracks, splits, & russets. Greenhouse Insider. Mississippi State. April. pp. 4-6.
- Triana, M. 2001.** Los elementos secundarios calcio, magnesio, azufre en la agricultura. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá. pp. 1-117.
- Valencia, M. 2003.** Comunicación personal. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Valencia, M. 1985.** Anatomía del fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Acta Biológica Colombiana 2, 63-69.
- Villamizar, F. y J. Ospina. 1995.** Frutas y hortalizas. Manejo tecnológico en postcosecha. SENA. Bogotá. pp. 19-21
- Webster, T. y J. Cline. 1994.** All about cherry cracking. Tree Fruit Leader, July 3(2).