

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*
L. cv. *Katya*) EMPLEANDO CUATRO LÁMINAS DE RIEGO BAJO
CONDICIONES DE CAÑETE”**

Presentado por:

JOHN ERICK GONZALES RIVERA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

Lima – Perú

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*
L. cv. *Katya*) EMPLEANDO CUATRO LÁMINAS DE RIEGO BAJO
CONDICIONES DE CAÑETE”**

Presentado por:

JOHN ERICK GONZALES RIVERA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ing. Mg. Sc. Gilberto Rodríguez Soto
PRESIDENTE

Ing. M. S. Andrés Casas Díaz
ASESOR

Ing. Mg. Sc. Ruby Vega Ravello
MIEMBRO

Ing. Saray Siura Céspedes
MIEMBRO

Lima – Perú

2016

DEDICATORIA: Este trabajo es dedicado para mis padres: Enrique Gonzales y Mercedes Rivera por su constante esfuerzo, apoyo, dedicación y consejos que siempre me brindan. También para mi hermano Henry y mi hermana Jazmín por ser mi motivación para seguir creciendo profesionalmente.

AGRADECIMIENTOS

A mi patrocinador Ing. M. S. Andrés Casas Díaz por su apoyo incondicional sus consejos, amistad y por la dedicación en supervisar tanto la parte experimental así como la redacción de la tesis.

A los ingenieros Diego Grados, Anthony Camones especialmente a la Ingeniera Ximena Reynafarje por dejarme formar parte de su equipo en el proyecto así como por su apoyo constante en todo el periodo en que se llevó a cabo el experimento, por sus consejos y su amistad.

A todos mis amigos que ayudaron de cierta forma en la ejecución de la tesis especialmente a Gustavo Fribourg y José Quintanilla por su apoyo, dedicación y esfuerzo en la parte experimental.

A la Ing. Mg. Sc. Ruby vega, Ing. Saray Siura y al Ing. Mg Sc. Gilberto Rodríguez por sus recomendaciones en la redacción de la tesis.

A la empresa Semillas Agrarias SAC “SEMIAGRO” por haberme apoyado con la semillas de tomate Katya.

Al proyecto VLIR-UNALM por hacer posible el financiamiento de esta tesis.

A mis padres Enrique Gonzales y Mercedes Rivera por su enorme apoyo, consejos y dedicación que siempre me brindan.

A mi hermano Henry Gonzales por su apoyo en la parte experimental así como a mi hermana Jazmín Gonzales por ser mi motivación para desarrollarme como persona y profesionalmente.

ÍNDICE

RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. CULTIVO DE TOMATE	2
2.1.1. Taxonomía.....	2
2.1.2. Origen y antecedentes	2
2.1.3. Morfología.....	3
2.1.4. Importancia económica	5
2.1.5. Importancia nutricional	7
2.1.6. Factores edafoclimáticos	9
2.1.7. Manejo agronómico.....	12
2.2. CONSUMO DE AGUA EN EL CULTIVO DE TOMATE	17
2.2.1. Productividad del agua en el cultivo de tomate.....	17
2.2.2. Conceptos relacionados con la ETc.....	18
2.2.3. Determinación de la evapotranspiración	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1. ÁREA EXPERIMENTAL.....	31
3.2. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	31
3.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....	33

3.4.	CULTIVO	35
3.5.	INSUMOS	35
3.6.	MATERIALES DE CAMPO.....	36
3.7.	MANEJO DEL CULTIVO.....	37
3.8.	TRATAMIENTOS EN ESTUDIO	41
3.9.	DISEÑO EXPERIMENTAL	42
3.10.	CARACTERÍSTICAS EVALUADAS.....	43
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
5.1	NÚMERO DE FLORES	46
5.2	RENDIMIENTO	47
5.3	ÁREA FOLIAR.....	52
5.4	PORCENTAJE DE MATERIA SECA	54
5.5	CALIDAD DE LA PRODUCCIÓN	55
5.6	CALIDAD DE FRUTOS.....	60
V.	CONCLUSIONES	65
VI.	RECOMENDACIONES	67
VII.	BIBLIOGRAFÍA	68
VIII.	ANEXOS.....	84

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Producción, superficie cosechada y rendimiento nacional de tomate	7
Cuadro 2: Composición nutritiva del tomate.....	8
Cuadro 3: Análisis de caracterización de suelo	32
Cuadro 4: Condiciones meteorológicas de temperatura, humedad relativa y evapotranspiración (ET _o) en el período enero – abril. Cañete, 2016.	34
Cuadro 5: Características de fertilizantes utilizados en el cultivo de tomate. Cañete-2016.....	35
Cuadro 6: Tratamientos evaluados en el presente ensayo	41
Cuadro 7: Kc del cultivo de tomate según cada etapa fenológica	41
Cuadro 8: Características del área experimental utilizada	42
Cuadro 9: Efecto de cuatro láminas de riego en el número de flores en plantas de tomate (<i>solanum lycopersicum</i> L. cv. <i>Katya</i>). Cañete 2016.	46
Cuadro 10: Efecto de cuatro láminas de riego en el rendimiento (t/ha) y número de frutos producido en el cultivo de tomate (<i>solanum lycopersicum</i> L. cv. <i>Katya</i>). Cañete 2016.....	48
Cuadro 12: Efecto de cuatro láminas de riego en el área foliar (m ²) en tomate (<i>solanum lycopersicum</i> L. cv. <i>Katya</i>). Cañete 2016.....	52
Cuadro 13: Porcentaje de materia seca (%) en hoja, tallo y frutos de tomate (<i>solanum lycopersicum</i> L. cv. <i>Katya</i>) empleando cuatro láminas de riego. Cañete 2016	54
Cuadro 14: Calidad comercial (%) en el cultivo de tomate (<i>solanum lycopersicum</i> L. cv. <i>Katya</i>) empleando cuatro láminas de riego. Cañete 2016.	56
Cuadro 15: Calidad no comercial (%) en el cultivo de tomate (<i>solanum lycopersicum</i> L. cv. <i>Katya</i>) empleando cuatro láminas de riego. Cañete 2016.....	59
Cuadro 16: Calidad del fruto en el cultivo de tomate (<i>solanum lycopersicum</i> L. cv. <i>Katya</i>) empleando cuatro láminas de riego. Cañete 2016.	61

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Proporción de producción de tomate por continente.....	5
Figura 2. Producción promedio mensual de tomate (1993-2013)	6
Figura 3. Rendimiento promedio mensual de tomate. Fuente: faostat (2013).	7
Figura 4. Distribución de los rendimientos en las seis cosechas de tomate (<i>solanum lycopersicum</i> L. cv. <i>Katya</i>) aplicando cuatro láminas de riego. Cañete 2016	49
Figura 5. Distribución del rendimiento comercial y no comercial (tn/ha) según la calidad de producción en tomate (<i>solanum lycopersicum</i> L. cv. <i>Katya</i>) aplicando cuatro láminas de riego. Cañete 2016.....	52
Figura 6. Distribución del área foliar de tomate (<i>solanum lycopersicum</i> L. cv. <i>Katya</i>) aplicando cuatro láminas de riego. Cañete 2016.....	53
Figura 7. Porcentaje de la calidad comercial en tomate (<i>solanum lycopersicum</i> L. cv. <i>Katya</i>) por cada lámina de riego aplicada. Cañete 2016.....	58
Figura 8. Porcentaje de la calidad no comercial en tomate (<i>solanum lycopersicum</i> L. cv. <i>Katya</i>) por cada lámina de riego aplicada. Cañete 2016.....	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Datos meteorológicos diarios. Cañete. Enero – mayo. 2016	84
Anexo 2: Insecticidas, fungicidas y abonos foliares usados en la campaña de tomate. Cañete-2016.	87
Anexo 3: Análisis de agua de riego. Cañete-2016.....	88
Anexo 4: Plan de fertilización en el cultivo de tomate. Cañete-2016	89
Anexo 5: Cartilla de evaluación de plagas en el cultivo de tomate. Cañete-2016	90
Anexo 6: Actividades realizadas el cultivo de tomate. Cañete-2016	91
Anexo 7: Anova de las diferentes variables evaluadas.....	93
Anexo 8: Rendimiento del cultivo de tomate (t/ha) con los diferentes tratamientos de láminas de riego en tomate.....	100
Anexo 9: Dosis y frecuencia de riego en la campaña de tomate. Cañete-2016.....	101
Anexo 10: Costo de producción y utilidad neta en el cultivo de tomate (<i>solanum lycopersicum</i> L. cv. <i>Katya</i>). Cañete-2016.....	104
Anexo 11: Fotos	106

RESUMEN

La problemática de la escasez de agua en el Perú como en el mundo hace que se deba optimizar su uso en la agricultura sin que esto disminuya la productividad. El presente trabajo experimental realizado en el IRD Costa-Cañete, tuvo como objetivo principal determinar el rendimiento y la calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. *Katya*) aplicando diferentes láminas de riego. Para los tratamientos se emplearon cuatro láminas de riego; 150% de la ETc, 100% de la ETc, 75% de la ETc y 50% de la ETc. Se empleó un diseño estadístico de cuadrado latino con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Los cuatro tratamientos influyeron significativamente en el rendimiento de tomate, el tratamiento de riego con 150% de la ETc (49.41 t/ha) obtuvo diferencias estadísticas significativas frente a los demás tratamientos: 100% (27.23 t/ha), 75% (19.28 t/ha) y 50% (17.94 t/ha). Las plantas con el tratamiento de riego con 150% de la ETc produjo mayor rendimiento (primera, segunda y tercera) siendo la calidad de segunda la que predominó en este tratamiento, mientras que en los demás tratamientos predominó la calidad de tercera. Así como en el rendimiento, los cuatro tratamientos también influyeron significativamente en la calidad del fruto del tomate, el tratamiento de riego con 150% de la ETc obtuvo menor porcentaje de sólidos solubles (6.25) y ácido cítrico (0.4), a diferencia de los demás tratamientos: 100% de la ETc (7.8 y 0.48), 75% de la ETc (8.85 y 0.6) y 50% de la ETc (9.28 y 0.62) respectivamente. También se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de materia seca del fruto, entre los tratamientos de riego con 150% de la ETc (6.01 %) y el tratamiento con 50% de la ETc (12.46%). Con respecto a la resistencia del fruto los tratamientos evaluados no influyeron significativamente. En la producción de área foliar se encontraron diferencias significativas en el tratamiento de riego con 150% de la ETc (6.59 m²) con respecto a los otros tratamientos: 100% de la ETc (2.96 m²), 75% de la ETc (2.75 m²) y 50% de la ETc (1.36 m²) respectivamente.

Palabras clave: Tomate, láminas de riego, rendimiento, calidad del fruto, Cañete.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una hortaliza, según Vavilov originaria de América, de la zona de Perú – Ecuador (VIII centro), desde donde se extendió a América central y meridional (Van Haeff, 1998). El tomate constituye la hortaliza de mayor valor económico y de mayor duración en todo el mundo esto se debe entre otras razones a su alto contenido nutritivo (Vitamina A, C y E, antioxidantes, calcio, fósforo) consumiéndose en fresco y variadas formas de industrialización así como a su adaptabilidad a distintos pisos ecológicos y niveles de rendimiento (Van Haeff, 1988).

La producción de tomate nacional está en alrededor de 265 mil toneladas, en una superficie de 6 mil hectáreas. El rendimiento promedio nacional se mantiene en alrededor de 30 toneladas por hectárea, pero varía mucho entre regiones: en Ica, por ejemplo, se alcanzan rendimientos de 80 toneladas por hectárea (Ica y Lima concentran cerca del 70% de la producción de tomate) (SIEA, 2014).

Otras zonas de producción son: Lima (los valles de Rímac, Chillón y Lurín), en las regiones de La Libertad, Ica, Arequipa, Lambayeque, zonas de Huaral-Chancay, Barranca, Huacho, Cañete, (Ugás et al., 2000).

El agua es uno de los factores de producción esencial para la agricultura, ya que la producción de biomasa y el rendimiento del cultivo están íntimamente ligados al uso eficiente del agua durante el manejo del cultivo (Medrano et al., 2007). Actualmente, es posible aprovechar el agua en forma satisfactoria a través de la implementación de sistemas eficientes de riego (como lo es el riego por goteo), que contribuyen a elevar los rendimientos y volver más rentable las explotaciones agrícolas, permitiendo una adecuada aplicación y optimización del recurso hídrico (Báez, L. y Alcaraz, G., 2013).

Conjugando el sistema de riego por goteo con los abonamientos en el cultivo, se pretende plantear perspectivas para el uso adecuado y eficiente del recurso hídrico para la producción de tomate. Por lo tanto el objetivo del presente trabajo de investigación fue: Determinar el efecto de cuatro láminas de riego en el rendimiento y calidad en tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. *Katya*).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CULTIVO DE TOMATE

2.1.1. Taxonomía

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Género:	Solanum L., 1753
Subgenero:	Potatoe
Seccion:	Petota
Especie:	<i>Solanum lycopersicum</i> L., 1753*
Nombre común:	Tomate

* Esta clasificación está de acuerdo con el *Integrated Taxonomic Information System of North América (ITIS)*

2.1.2. Origen y antecedentes

Aunque el tomate cultivado fue domesticado probablemente en México, todas las especies del género están distribuidas naturalmente en la costa oeste del continente sudamericano en lo que hoy es Perú extendiéndose hasta el centro de Ecuador y el norte de Chile, a excepción de *S. cheesmanii* que es endémica de las isla Galápagos, alcanzando 100 a 200 millas en el interior del pacífico en las islas Galápagos y crecen en una variedad de hábitats desde cerca el nivel del mar a lo largo de la costa árida del pacifico a más de 3300 msnm en los numerosos valles del lado occidental de los andes (Nuez et al., 2004; Cox, 2001, Peralta y Spooner, 2005)

Peralta et al. (2006), mencionan dos hipótesis sobre la domesticación del cultivo de tomate que aún no se resuelve, una de Perú y otra de México. La primera es que Alfonse De Candolle uso evidencia lingüística como los nombres “mala peruviana” o “pommi del Perú” (manzanas peruanas) para sugerir un origen peruano. También considero los tomates tipos cereza “cerasiforme” como el ancestro del cultivo que se dispersó en el mundo entero; pero

recientes investigaciones genéticas han mostrado que las plantas conocidas como “cerasiforme” son una mezcla de tomate silvestres y cultivados en vez de ser “ancestrales” a los cultivares; también que no hubo registros naturales inequívocos de tomate fuera de las Américas antes de su descubrimiento europeo. La segunda hipótesis de la domesticación mexicana fue presentada por Jenkins, quien también uso la evidencia lingüística; pero no es claro que la planta citada como “tomatl” de México se refiere a los tomates verdaderos o a una especie nativa de *Physalis* (“tomate” o “tomatillo” es el nombre común en México para *Physalis philadelphica*, el tomate cascara, mientras que el “jitomate” se refiere a cultivares con frutos grandes de *Solanum lycopersicum*). Jenkins coincidió con De Candolle en que *S. lycopersicum* de América del Sur fue el progenitor de los cultivares europeos domesticados, pero discrepo con el lugar de domesticación en Perú. Ninguna de las evidencias es concluyente con respecto al sitio inicial de domesticación sea peruano o mexicano y que los tomates pudieron haber sido domesticado en ambos sitios independientemente (Peralta y Spooner, 2007). Van haeff (1988), sostiene que el tomate es originario del Perú, Ecuador y México y que a partir del año 1990 se entendió el cultivo como alimento humano. Janick (1965), considera que el tomate es una planta originaria de América del Sur y que fue introducida a Europa por el año 1544 a través de los conquistadores españoles.

2.1.3. Morfología

a. Raíz

Raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. Seccionando transversalmente la raíz principal y de fuera hacia dentro encontramos: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, cortex y cilindro central, donde se sitúa el xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes (Diaz, 2008).

b. Tallo

El tallo del tomate es anguloso, recubierto en toda su longitud de pelos perfectamente visibles, muchos de los cuales, al ser de naturaleza glandular, le confieren a la planta un olor característico. El desarrollo del tallo es variable en función de los distintos cultivares,

existiendo dos tipos fundamentales de crecimiento, aunque pueden existir variedades intermedias (SEMPER, 1995).

Tipo de crecimiento:

- **Determinado o definido (o de mata baja):** El tallo principal detiene su crecimiento tras haber producido varias inflorescencias (separadas por 1 ó 2 hojas) como consecuencia de la formación de una inflorescencia terminal. La planta forma un arbusto en el que predomina el desarrollo de tallos secundarios.
- **Indeterminado o indefinido (o de enrame):** El tallo posee un ápice meristemático que produce un alargamiento continuado del tallo principal, dando inflorescencias cada dos o tres hojas. Pueden ser de porte rastrero (si no tiene un soporte) o trepador (SEMPER, 1995).

c. Hojas

El tomate está formado por hojas que tienen un limbo ramificado en varias porciones llamadas foliolos, cada uno de los cuales “parece” una hoja. Las hojas se disponen sobre el tallo de forma alterna y son pinnadocompuestas, es decir, los foliolos se disponen a ambos flancos del raquis, según la nervadura pinnada (pinnada, bipinnada, etc.). Están constituidas generalmente por siete a nueve foliolos lobulados o dentados, pudiendo aparecer en el raquis de la hoja pequeños foliolillos. De la misma manera que el tallo, están recubiertas de pelos glandulares que le confieren el olor característico del tomate (Maroto, 2000).

d. Flor

Las inflorescencias tienen cinco o más sépalos, cinco o más pétalos y un número igual de estambres, ovario súpero, bi o pluricarpelar (Nuez et al., 1996). La floración del tomate se produce en forma de racimos simples o ramificados (distintos tipos de cimas) en diferentes pisos o estratos, siendo lo normal que en cada inflorescencia pueda haber entre tres y diez flores, aunque en ocasiones pueden llegar hasta cincuenta (Maroto, 2000).

Las flores son perfectas y su tendencia habitual es la autofecundación: son autógamas. Esta polinización es debida a la escasa longitud del estilo que se desarrolla dentro de un tubo

formado por las anteras unidas. Por ello se pueden cultivar distintas variedades juntas como es el trabajo que nos incumbe, aunque existen excepciones. Por ejemplo las variedades con estilo largo o “saliente” (George, 1999).

e. Fruto

El fruto del tomate es una baya globosa o piriforme, de color generalmente rojo en la maduración, aunque algunas veces puede presentar otras coloraciones (amarillo, naranja, rosa, dependiendo de la variedad). La superficie de la baya puede ser lisa o acostillada y en su interior se delimitan claramente los lóculos carpelares. La placentación puede o no ser regular (Maroto, 2000).

2.1.4. Importancia económica

El tomate es la verdura de mayor consumo en el mundo, con una producción mundial al año que llega a los 160 millones de toneladas. América es el segundo continente en producción de tomate (19%), primero es Asia con 51.2% (Fig. 1). La producción de tomate mundial está en el puesto once del total de producción de productos alimentarios y agrícolas (FAOSTAT, 2013)

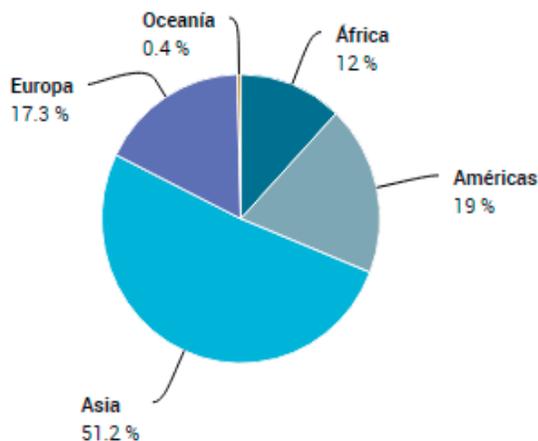


Figura 1. Proporción de producción de tomate por continente. Fuente: FAOSTAT (2013)

En años recientes, la demanda de tomate está creciendo aceleradamente no solamente en los países desarrollados sino también en los países emergentes y en vías de desarrollo, porque

los valores nutritivos del tomate (minerales, licopeno, entre otros) están llamando la atención del mundo (Numata, 2002). En el pasado se consideraba que para el cultivo de tomate a la intemperie, el clima subtropical (es decir, el clima mediterráneo) en la faja del tomate (30-40 grados de latitud norte y sur) era el adecuado. Consecuentemente, el cultivo de tomate a la intemperie y la industria manufacturera de tomate en escala comercial se concentran en esta faja climática, favorecida por tener la temperatura más adecuada para la polinización (20-25 centígrados) y la temperatura acumulada más favorable (1100-1250 grados desde el inicio de florecimiento hasta la cosecha), (Numata, 2002).

Actualmente el Perú consta con 6053 hectáreas de superficie sembrada anual (siendo Lima, Ica y Arequipa respectivamente con mayor superficie sembrada de tomate) y una superficie cosechada anual de 6004 hectáreas. La producción anual para el año 2013 fue de 253543 y para el 2014 fue de 265948 toneladas (Fig. 2), con un rendimiento promedio mensual 43.9 toneladas por hectárea para el 2013 y de 44.6 toneladas por hectárea en el 2014 (Fig. 3), siendo Ica el de mayor rendimiento promedio con 104.9 toneladas por hectárea precio promedio mensual de chacra para el 2014 fue de 997 soles por tonelada, siendo Cuzco con mayor precio promedio mensual de chacra con 1579 soles por tonelada, el resumen se observa en el cuadro N° 1 (SIEA, 2014).

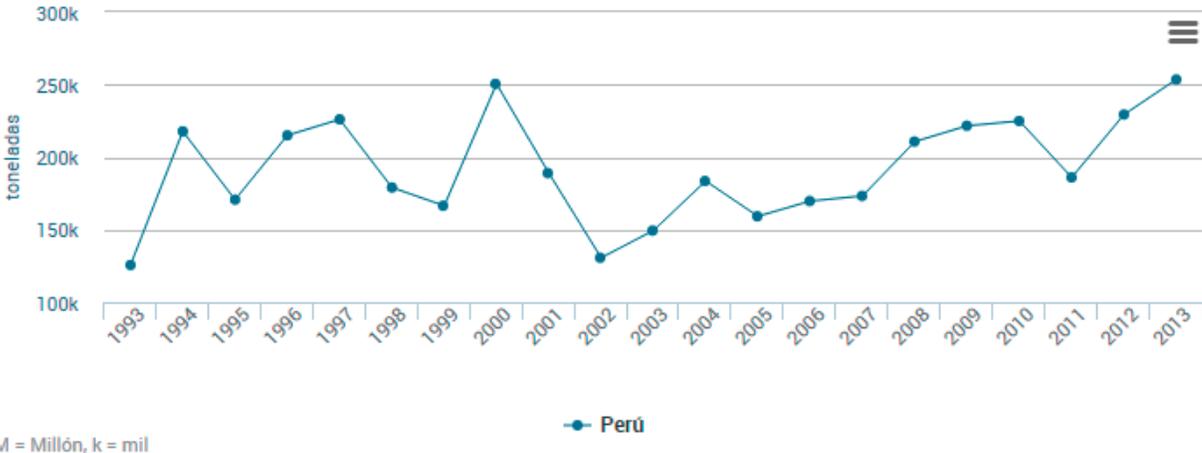


Figura 2. Producción promedio mensual de tomate (1993-2013). Fuente: FAOSTAT (2013).

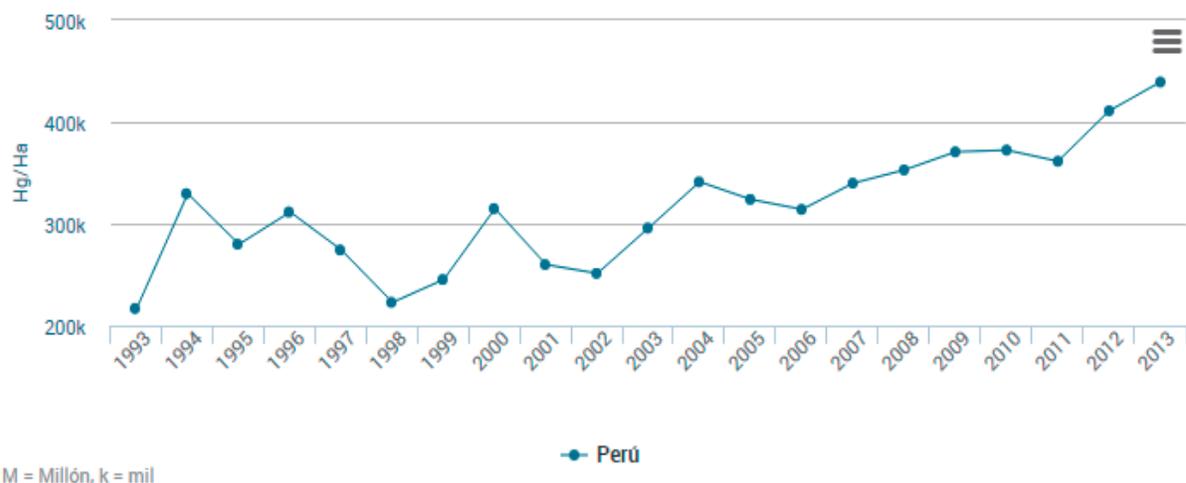


Figura 3. Rendimiento promedio mensual de tomate. Fuente: FAOSTAT (2013).

Cuadro 1: Producción, Superficie cosechada y Rendimiento nacional de tomate

Año	Producción (TM)	Superficie Cosechada (ha)	Rendimiento promedio (Tn/ha)
2014	265948	6004	44.6
2013	253543	5772	43.9
2012	229356	5575	41.1
2011	186002	5133	36.1
2010	221594	6039	37.23

FUENTE: SIEA (2014)

2.1.5. Importancia nutricional

De acuerdo a un estudio realizado en Estados Unidos por Stevens (1974), este cultivo ocupa el lugar número dieciséis en relación con la concentración relativa de un grupo de diez

vitaminas y minerales. Sin embargo su alto nivel de consumo, convierte a esta hortaliza en una de las principales fuentes de vitaminas minerales en muchos países (Cuadro N° 2).

El consumo de tomate ha demostrado ser benéfico para la salud, debido a su contenido de fotoquímicos como el licopeno y el β -caroteno, flavonoides vitamina C y muchos nutrientes esenciales (Beutner et al., 2001). Esta composición explica la alta capacidad de antioxidante del fruto tanto fresco como procesado (Gahler et al., 2003) y la relación del consumo del tomate con las tasas más bajas de ciertos tipos de cáncer y de enfermedades cardiovasculares (Agarwall y Rao 2000).

Algunas variedades de tomate contienen altas cantidades de flavonoides, principalmente quercetina (Crozier et al., 1997). Los flavenoles y flavonas son de particular interés como antioxidantes, tiene un alto potencial para la captación de radicales libres. El consumo de alimentos que les contengan reduce los riesgos de contraer cáncer (Kaur y Kapoor, 2001).

Cuadro 2: Composición nutritiva del Tomate

Agua	940.0 g/Kg ⁻¹	Magnesio	200.0 mg/Kg ⁻¹
Carbohidratos	43.0 g/Kg ⁻¹	Yodo	17.0 μ g/Kg ⁻¹
Grasa	2.0 g/Kg ⁻¹	Zinc	2.4 mg/Kg ⁻¹
Fibra	10.4 g/Kg ⁻¹	Vitamina B ₁	0.6 mg/Kg ⁻¹
Proteína	9.0 g/Kg ⁻¹	Vitamina B ₂	0.4 mg/Kg ⁻¹
Energía	170.0 Kcal/Kg ⁻¹	Vitamina E	7.0 mg/Kg ⁻¹
Calcio	140.0 mg/Kg ⁻¹	Vitamina C	137.0 mg/Kg ⁻¹
Hierro	5.0 mg/Kg ⁻¹	Vitamina A	136.0 μ g/Kg ⁻¹
Fosforo	230.0 mg/Kg ⁻¹	Licopeno	160.3 mg/Kg ⁻¹
Potasio	2040.0 mg/Kg ⁻¹	Ácidos fenólicos	53.6 mg/Kg ⁻¹
Sodio	130.0 mg/Kg ⁻¹	Flavonoides	50.2 mg/Kg ⁻¹

FUENTE: Frusciante et al. (2007)

2.1.6. Factores edafoclimáticos

a. Temperatura

La temperatura influye en todas las funciones vitales de la planta como la: transpiración, fotosíntesis, germinación, entre otras. Es una planta de clima cálido que requiere de mucho calor; para el tomate, las temperaturas óptimas según el ciclo de vida son las siguientes: temperaturas nocturnas entre 15 y 18 °C, temperaturas diurnas 24 a 25 °C, y temperatura ideal en la floración de 21 °C (Rodríguez et al., 1997).

El tomate es clasificado dentro de las hortalizas tolerantes al calor, como aquellas que a temperaturas menores de 8 °C detienen su crecimiento. La temperatura óptima es de 24 °C, la mínima de 10 °C y la máxima de 32 °C (Castaños, 1993).

Los principales agentes del medio físico, como la temperatura, la luz y la humedad juegan un papel importante para que los procesos fisiológicos de “cuajado” y “amarre” de fruto se produzcan de forma normal (Maroto, 2002). Cuando se presentan temperaturas altas (mayores de 38 °C) durante 5 a 10 días antes de la antesis, se reduce el “amarre” de fruto debido a que se destruyen los granos de polen (microsporositos) por deshidratación, interrumpiendo así el proceso de gametogénesis (formación de óvulos y polen); también se puede propiciar la formación de polen estéril. Si las temperaturas elevadas prevalecen durante 1 a 3 días después de la antesis, el embrión es destruido. Cuando las temperaturas nocturnas son altas (25 y 27 °C) antes y después de la antesis, el “amarre” de fruto también es bajo. A temperaturas de 10 °C o menores, un gran porcentaje de flores abortan y la producción de polen es afectada y después la microsporogénesis (Wien, 1997; Maroto, 2002).

La temperatura óptima para la maduración del fruto es entre 18-24 °C (MAGCr., 1991). Al respecto Salunkhe y Kadam (1998), mencionan que el rango óptimo es entre 15-20 °C. Por otro lado, si la temperatura es menor a 13 °C, los frutos tienen una maduración muy pobre; situación similar sucede cuando la temperatura es mayor a 32 °C, debido a que la coloración roja (licopeno) es inhibida y los frutos se tornan amarillos (Valadéz, 1990). Al respecto, se ha observado que para determinadas condiciones de iluminación, la edad de la planta, entre otras, el mayor desarrollo vegetativo en el tomate se consigue con temperaturas diurnas de 23 °C y temperaturas nocturnas de 17 °C (Maroto, 2002).

b. Suelo

Juscáfresca (1963), sostiene que el tomate puede adaptarse a diferentes clases de suelos sea cual sea su naturaleza y propiedades físicas, mientras que estas sean profundas, ligeramente ácido y ricos en materia orgánica. Van haeff (1988), sostiene que la reacción puede ser moderadamente ácida hasta ligeramente alcalina o sea de pH entre 6.0 – 7.2. Babilonia y Reategui (1994), dicen que la planta de Tomate es resistente a altos porcentajes de humedad del suelo.

c. Agua

Alvin (1977) manifiesta que todos los procesos fisiológicos de las plantas son afectadas directa o indirectamente por la cantidad de agua existente en el suelo. La producción es una función de las actividades fisiológica de los vegetales y esta naturalmente subordinada a factores, que como el agua, afecta dichas actividades.

La necesidad de la planta varía primordialmente con la necesidad de la misma, fertilidad del suelo y características climáticas de la zona (humedad, radiación, temperatura, horas de sol). Así mismo, las plantas precisan grandes cantidades de agua, material alimenticio y de transporte, siendo el agua el disolvente que permite la penetración en ellas de nitrógeno y de las sustancias minerales (Bear, 1963).

Si existe un déficit riguroso de agua durante el periodo vegetativo, generalmente se retrasa el crecimiento de las plantas y ocasiona un desarrollo no uniforme (Doorembos y Kassan, 1979).

El agua puede influir sobre la mayoría de factores que controlan el crecimiento de las plantas (estructura, textura, aereación, salinidad, hábitos de enraizamiento, temperatura humedad y otros), que cualquier otro factor. Así mismo influye en todos los factores del suelo, altera el microclima al que está expuesta la planta misma, además de cambios en el balance entre el crecimiento vegetativo y reproductivo (Hagan, 1965). Un exceso o déficit de agua en un cultivo impide la correcta absorción y translocación de nutrientes por los vegetales, así como su utilización por los mismos (Jacob y Vexkul, 1973).

d. Luz y fotoperiodo

Guenkov (1966), menciona que el tomate es exigente en cuanto a la luz, que son necesarios 5,000 lux para que se formen buenos frutos de maduración precoz. La luminosidad tiene gran influencia tanto en la fotosíntesis como en el fotoperiodismo, así como en el crecimiento de los tejidos, floración y maduración de los frutos; en virtud de que el rendimiento de fruto esta positivamente relacionado con la cantidad de radiación solar recibida por el cultivo y el ciclo del mismo (Wien, 1997; Rodríguez et al., 2001).

e. Humedad del suelo y humedad relativa

La exigencia del tomate en cuanto a la humedad del suelo es media, influye sobre todo en el crecimiento de los tejidos, transpiración, fecundación de las flores y desarrollo de las enfermedades criptogámicas, siendo preferibles humedades medias no superiores al 50%, y suelos no encharcados (Rodríguez et al., 2001).

Los periodos críticos de humedad en las plantas de crecimiento determinado son: después del trasplante, poco consumo de agua; en floración e inicio de fructificación, gran demanda de agua; en la etapa de maduración de fruto, poco consumo de agua (Huerres y Caraballo, 1988).

La disponibilidad de agua, también puede afectar la formación de flores y posteriormente la disminución de frutos. La media del número de flores por racimo, decrece cuando disminuye el suministro de agua (Wien, 1997). Al reducirse el 25% de la disponibilidad de agua que el cultivo demanda por evapotranspiración, se llega a reducir en un 40% y hasta 90% el número de flores formadas dependiendo del cultivar, y se produce un estrés severo causando efectos negativos (Wien, 1997).

Resh (1993), menciona que se ha demostrado que una humedad relativa del 70% es la mejor para la polinización, “cuajado” de fruto y posterior desarrollo de éste. Humedad del ambiente mayor de 70% disminuye la posibilidad de que se transfiera suficiente polen al estigma. Por otro lado, humedad demasiado seca (humedad relativa inferiores al 60 – 65%) causa la desecación del polen.

2.1.7. Manejo agronómico

a. Preparación del terreno

Las operaciones de cultivo deben ser principalmente para combatir las malas hierbas; la remoción del suelo debe ser lo más superficial, con un máximo de cinco centímetros de profundidad, tomando en cuenta que el sistema radical no es profundo (Cásseres, 1980).

El grado de refinamiento del suelo está asociado con el sistema de implantación (siembra directa o trasplante). La preparación del terreno se inicia con una o dos labores profundas seguidas de una mayor desmenuzamiento del suelo y sistematización del terreno (Castagnino, 2008).

Al respecto Maroto (2002) nos indica que en primer lugar se dan una o dos labores profundas para airear, facilitar la evacuación del agua de riego, etc. seguidas de sendos pases de rotovador, para dejar el suelo disgregado en su superficie, procediendo a continuación a sistematizar el terreno.

b. Trasplante

Comparando el sistema de siembra directa con el sistema de trasplante, se puede decir que la siembra directa resulta en una disminución del ciclo de cultivo. La producción en volumen puede ser mayor en un 5-20% y existe también un ahorro en mano de obra. Por otro lado el método de semilleros y trasplante requiere menos insumos pero más mano de obra. Mediante el trasplante se ocupa el terreno durante más tiempo, lo cual puede ser ventajoso para el cultivo anterior o para el total del plan de producción (Von Haeff, 1983; Nuez et al., 1995).

c. Riego

La aplicación del riego en el cultivo de tomate debe ser cuidadosa, ya que tanto la sequía como el exceso de agua repercuten en la calidad y producción del fruto. Se ha encontrado una correlación estrecha entre sequías intensas y rajaduras en el fruto. El exceso de agua se asocia con la presencia de enfermedades radicales de la planta y, por consecuencia, con bajos rendimientos (Manjarrez, 1980). Según Manjarrez (1980), el tomate presenta tres períodos críticos de necesidad hídrica: emergencia de plántulas, floración, y cuando los frutos han alcanzado una quinta parte de su crecimiento.

El exceso de agua, especialmente en los suelos fértiles, causa también un crecimiento considerable de las ramas y baja productividad; por el contrario, si el suelo se seca excesivamente, puede ser la causa de que los frutos se revienten (Richardson y Brauer, s/f).

d. Nutrición

La nutrición de tomate juega un papel muy importante si se desea incrementar la productividad de las plantas y la calidad de los frutos. Muchos de los trabajos realizados muestran que el tomate demanda grandes cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio. Un rendimiento alrededor de 40 ton de fruto requiere cerca de 93 kg·N/ha, 20 kg·P/ha y 126 kg·K/ha. Los fertilizantes aplicados al suelo se calculan de acuerdo con la fertilidad de éste. Las siguientes dosis se aplican a suelos de baja fertilidad: 75-100 kg·N/ha, 150-200kg·P/ha y 150-200 kg·K/ha (George, 1999).

El fósforo y el potasio se aplican antes del trasplante cuando se cultiva en suelo y para producción de fruto; mientras que el nitrógeno, se distribuye en tres etapas: la primera antes del trasplante, la segunda después de mes y medio, y la tercera en la floración (Salunkhe y Kadam, 1998).

e. Control de malezas

Las malezas o malas hierbas causan problemas si compiten con el cultivo por luz, agua, nutrientes y espacio, están muy relacionados con aspectos agronómicos como fertilidad del suelo, eficacia del riego y equilibrio de plagas y enfermedades (Ugás *et al*, 2000).

Un factor detrimental en el cultivo de tomate son las malezas. Menezes (1992), presenta una relación de malezas y la susceptibilidad y tolerancia a algunos herbicidas que afectan el cultivo de tomate en América Latina y el Caribe. Casas (1979), en un experimento realizado en el cultivo de tomate en el distrito de Ate (Lima), menciona que las especies *Nicandra Physaloides* (L) Gaertn y *Portulaca oleracea* L., son las más abundantes en el tratamiento que no recibió ningún tipo de control de malezas. Además, menciona otras especies, entre las que destacan *Amaranthus dubius* Mart, *A. hybridus* L., *Cynodon dactylon* (L) Pers, *Cyperus esculentum* L., *Datura stramonium* L., *Eleusine indica* (L) Gaertn y *Sorghum halepense* (L) Pers.

f. Plagas

El cultivo de tomate es muy particular en cuanto a la incidencia de plagas, dependiendo de las áreas donde se cultiva (Saldaña, 2002). En una publicación de la University of California (1990), se cita una relación de insectos plaga para la zona de California. Sanchez y Vergara (1998), citan una relación completa de insectos plaga y Sarmiento y Sanchez (2000), establecen una metodología de evaluación para los principales insectos plaga del cultivo. Diaz y Ternero (1998), realizaron observaciones en campos comerciales del cultivo de tomate entre 1992 y 1998.

Entre las principales plagas se puede citar a : *Prodiplosis longifila* Gagné, *Tuta absoluta* (Meyrick), *Spodoptera ochrea* (Guen.), *S. eridania* (Cramer), *Heliothis virescens* (Fabr.), *Pseudoplusia includens* (Walker), *Manduca sexta* (L.), *Agrotis* spp.; *Liriomyza huidobrensis* Blanchard, *Melanagromiza tomatarae* Steykal, *Euchistus convergens* (H. & S.), *Thrips tabaci* Lindeman, *Gryllus peruvianus*, *Alphitobius diaperinus*, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks), *Aphis gossypii* Glover, *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring, y *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood). Para el caso de *B. argentifolii* es particularmente importante, porque se asocia como vector de un geminivirus que causa el enrollamiento de las hojas de la planta de tomate (Brown et al., 1995; Bolaño, 1997; Sanchez y Vergara, 1998; Rodríguez, 1999).

g. Enfermedades

Entre los principales patógenos se pueden mencionar a *Ralstonia solanacearum* Smith, razas 1 y 3; *Rhizoctonia solani* Kuhn, *Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. lycopersici (Sacc) Snyder y Hans; *Pythium* spp.; *Phytophthora capsici* Leonian; *P. infestans* (Mont) de Bary; *Laveillula taurica* (Lév.) Arn.; *Botrytis cinerea* Pers.; *Alternaria solani* (Ell. y Mart.) Jones y Grout; *Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoria* (Doige) Dye; *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. y *Cladosporium fulvum* Cke.

Los virus constituyen otro importante agente causal de epifitias. Fernández et al. (1976), Fernández and Fulton (1980), Fernández (1995), Panizo (1998) y Echegaray (2000), citan las principales características de los virus en el cultivo de tomate y su incidencia en las regiones de Perú. Entre los principales virus se encuentran Tomato mosaic virus (TMV), Tomato

spotted wilt virus (TSWV), Cucumber mosaic virus (CMV), Alfalfa mosaic virus (AMV), Perú tomato virus (PTV), Potato virus X (PVX), Potato virus Y (PVY), Beet curly top virus (BCTV), y Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV).

Los nematodos causan severos daños al cultivo, especialmente en zonas donde se realizan monocultivos. Overseas Delopment Administration (1983), La Torre (1990) y Panizo (1998), citan las principales especies de nematodos que afectan al cultivo: *Meloidogyne incognita* (Koploid y White) Chitwood, *M. javanica* (Troub.) Chitwood, *M. arenaria* (Neal) Chitwood, *M. hapla* Chitwood.

h. Sistemas de Cosecha

Los sistemas de cosecha del tomate pueden ser manuales o mecanizados. En general los frutos destinados a la industria se cosechan mecánicamente y los de consumo fresco preferentemente a mano, lo que implica mayor cantidad de mano de obra con mayores costos (Jaramillo et al, 2007). Para realizar la cosecha mecánica se requiere de cultivares adaptados para ella y que presenten uniformidad en la producción y maduración (Casanova et al., 2007).

La cosecha del tomate manual es generalmente escalonada en la planta y se realiza en varias etapas, según el período de producción de las plantas. Al cosechar se debe considerar el estado de madurez y el destino que se le dará al producto; y en otros casos se determina por el tamaño y la coloración del fruto (Gómez et al., 2010).

- **La cosecha y la maduración de los frutos**

La maduración es un proceso químico-físico y fisiológico complejo, que va acompañado de diferentes cambios bioquímicos y fisiológicos del fruto, que conduce al logro de las características sensoriales óptimas de calidad para el consumo del producto (Toivonen, 2007).

Se acepta generalmente que la maduración de los frutos es una fase programada del desarrollo de los tejidos vegetales, en la que se han producido cambios en la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos, al inicio del período climatérico, que se traduce en la coordinación de ciertas reacciones bioquímicas, que se acentúan, y en la aparición de otras nuevas (Wills et al., 2007).

La maduración de los frutos obedece a un programa determinado genéticamente, en el que se coordinan los cambios en la expresión genética de las diferentes transformaciones, que tienen lugar durante el proceso y que determinan sus parámetros de calidad interna y externa (Klee y Giovannoni, 2011).

La maduración es un proceso fisiológico sumamente importante para determinar el momento de cosecha de los frutos de las hortalizas (Taiz y Zeiger, 2010). Se ha demostrado científicamente, que durante este proceso se producen cambios o alteraciones en la composición química de los frutos, que determinan sus propiedades organolépticas como: textura, aroma, sabor y color (Baldwin et al., 2008; Klee y Tieman, 2013).

La maduración de los frutos de tomate se caracteriza por una fase inicial, donde el crecimiento es lento, con una alta división celular, luego le sigue un período de marcado incremento en tamaño y peso, mayor expansión celular, y por último el ritmo de crecimiento decrece, es prácticamente en esta etapa, donde se inicia la maduración organoléptica del fruto (Jaramillo et al., 2007).

i. Postcosecha del tomate

La postcosecha se define como una forma de aumentar el tiempo de la vida útil de los frutos, permitiendo un equilibrio entre la producción y las necesidades de consumo del producto (Kader, 2008). Por otra parte, Zaccari (2009) confirma que los principales objetivos de la tecnología postcosecha a los productos hortícolas son:

- Mantener la calidad (apariencia, textura, sabor y valor nutritivo).
- Garantizar la seguridad alimentaria.
- Reducir las pérdidas entre la cosecha y el consumo del producto.

Se plantea por Toivonen (2007), que existen tres indicadores relacionados con la postcosecha que mayor influencia tienen en la calidad interna y externa de los productos hortícolas y ellos son:

- Daños mecánicos durante la cosecha, el envasado y el transporte.
- Condiciones nutricionales del suelo.

- Estado de madurez del fruto.

De acuerdo a Pila et al. (2010), las pérdidas postcosecha implican la desaparición del producto o parte de él, como alimento de los consumidores y pueden ser de tres tipos:

- Pérdidas cuantitativas. Estas involucran una reducción de peso por pérdida de agua y peso seco (pérdidas por desaparición).
- Pérdidas cualitativas. Se refieren a cantidades perdidas, según un estándar de calidad dado y son muy difíciles de cuantificar, porque se basan en evaluaciones subjetivas.
- Pérdidas nutricionales. Se refieren a la disminución de elementos nutritivos o vitaminas.

A pesar de que las evaluaciones de pérdidas resultan complejas, son imprescindibles a los fines de hallar su significado real. La pérdida de agua, asociada a la transpiración, es la mayor causa de deterioro en términos cuantitativos (pérdidas de peso) y cualitativos (arrugamiento de la piel, pérdidas de textura y calidad nutritiva) de la calidad de los frutos (Kader, 2008). De acuerdo a Kader (2007), existen otros factores que afectan la calidad interna y externa de los frutos de los productos hortícolas y entre ellos pudieran mencionarse: la respiración, producción de etileno, cambios en la composición química, desarrollo y crecimiento, desórdenes fisiológicos, daños físicos, daños mecánicos, desórdenes patológicos y factores ambientales (temperatura, humedad relativa, composición atmosférica y luz) y acción de productos químicos. Investigaciones realizadas en el mundo han confirmado, que las pérdidas postcosecha en el cultivo del tomate en países subdesarrollados son elevadas (30-50 %), mientras que en los países desarrollados no sobrepasan el 25 % (Abd-Allah et al., 2011).

2.2. CONSUMO DE AGUA EN EL CULTIVO DE TOMATE

2.2.1. Productividad del agua en el cultivo de tomate

La utilización de técnicas de inundación, como se venía haciendo hasta principios de los años ochenta, utilizaban para regar una hectárea de tomate entre 7 000 y 8 000 m³ de agua y se

obtenía entre 70 y 80 toneladas de tomate, siendo el rendimiento de unos 100 m³ de agua por tonelada de tomate producido, es decir, 10 kg por m³ de agua. Con la utilización de técnicas de riego por goteo se suele aportar a una hectárea entre 6 000 y 5 000 m³ de agua para producir unas 140 t de tomate con lo que el rendimiento es de 40 m³ por tonelada, es decir, la EUA se eleva hasta 25 kg por m³ de agua (López, 2000).

2.2.2. Conceptos relacionados con la ETc

a. Evaporación (E) y transpiración (T)

La evapotranspiración del cultivo (ETc) según Allen et al., (1998) representa la cantidad de agua que, por el proceso de transpiración la planta emite como vapor de agua a la atmósfera, más la cantidad de agua que se pierde por evaporación desde la superficie del suelo. Esta cantidad de agua, debe ser satisfecha mediante el riego. Un exceso de agua riego supone el lavado de fertilizantes, lo que puede acarrear problemas medioambientales por la contaminación de las aguas subterráneas, mientras que una aportación de agua inferior a la ETc puede llegar a provocar déficit hídrico y por tanto una reducción de la producción (Fernández et al., 2006).

La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos. Aparte de la disponibilidad de agua en los horizontes superficiales, la evaporación de un suelo cultivado es determinada principalmente por la fracción de radiación solar que llega a la superficie del suelo. Esta fracción disminuye a lo largo del ciclo del cultivo a medida que el follaje del cultivo proyecta más y más sombra sobre el suelo. En las primeras etapas del cultivo, el agua se pierde principalmente por evaporación directa finalmente cuando este cubre totalmente el suelo, la transpiración se convierte en el proceso principal. En el momento de la siembra, casi el 100% de la ET ocurre en forma de evaporación, mientras que cuando la cobertura vegetal es completa, más del 90% de la ET ocurre como transpiración. La evapotranspiración se expresa normalmente en milímetros (mm) por unidad de tiempo. Esta unidad expresa la cantidad de agua perdida de una superficie cultivada en unidades de altura de agua. La unidad de tiempo puede ser una hora, día, 10 días, mes o incluso un período completo de cultivo o un año. Como una hectárea tiene una superficie de 10 000 m² y 1 milímetro es igual a 0,001 m, una pérdida de 1 mm de

agua corresponde a una pérdida de 10 m³ de agua por hectárea. Es decir 1 mm día⁻¹ es equivalente 10 m³ ha⁻¹ día⁻¹ (Allen et al., 1998).

Allen et al., (1997), mencionan que el concepto de evapotranspiración incluye tres diferentes definiciones: evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET_c), y evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ET_{c aj}). ET_o es un parámetro relacionado con el clima que expresa el poder evaporante de la atmósfera. ET_c se refiere a la evapotranspiración en condiciones óptimas presentes en parcelas con un excelente manejo y adecuado aporte de agua y que logra la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas. ET_{c aj} requiere generalmente una corrección, cuando no existe un manejo óptimo y se presentan limitantes ambientales que afectan el crecimiento del cultivo y que restringen la evapotranspiración, es decir, bajo condiciones no estándar de cultivo.

b. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o)

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina ET_o. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas. No se recomienda el uso de otras denominaciones como ET potencial, debido a las ambigüedades que se encuentran en su definición (Allen et al., 1998).

El concepto de evapotranspiración de referencia se introdujo para estudiar la demanda de evapotranspiración de la atmósfera, independientemente del tipo y desarrollo del cultivo, y de las prácticas de manejo. Debido a que hay una abundante disponibilidad de agua en la superficie de evapotranspiración de referencia, los factores del suelo no tienen ningún efecto sobre la ET. El relacionar la ET a una superficie específica permite contar con una referencia a la cual se puede relacionar la ET de otras superficies. Además, se elimina la necesidad de definir un nivel de ET para cada cultivo y periodo de crecimiento. Se pueden comparar valores medidos o estimados de ET_o en diferentes localidades o en diferentes épocas del año, debido a que se hace referencia a ET bajo la misma superficie de referencia. Los únicos factores que afectan ET_o son los parámetros climáticos. Por lo tanto, ET_o es también un parámetro climático que puede ser calculado a partir de datos meteorológicos. ET_o expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específicas, y no

considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo. Desde este punto de vista, el método FAO Penman-Monteith se recomienda como el único método de determinación de ETo con parámetros climáticos. Este método ha sido seleccionado debido a que aproxima de una manera cercana la ETo de cualquier localidad evaluada, tiene bases físicas sólidas e incorpora explícitamente parámetros fisiológicos y aerodinámicos (Shuttleworth, 1993).

c. Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc)

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar se denomina ETc, y se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas existentes (Alves, 1995).

d. Factores que determinan la evapotranspiración (ET)

La ET ocurre en función de factores climatológicos, edáficos, biológicos, fitotécnicos, los más importantes son descritos de la siguiente forma por: Santa Olalla y Juan Valero (1993).

- **Factores climatológicos**

La radiación incidente en un cultivo es la fuerza motriz del proceso de la ET, se reparte entre calor sensible y calor latente. Si el cultivo está bien provisionado de agua, una fracción grande de la radiación neta se disipa como calor latente para evaporar el agua. En trabajos sobre la ET se suele considerar la radiación en sus distintas acepciones, la radiación neta, la radiación solar global y la radiación solar extraterrestre o máxima teórica.

Para que la evaporación tenga lugar, es necesario que haya una diferencia de tensión de vapor de agua, entre la superficie evaporante y el aire que la rodea, igualmente, la cantidad de agua transpirada está gobernada por la diferencia de tensión de vapor de agua en el espacio entre el estoma de la planta y la atmósfera. El déficit de saturación está muy influido por la humedad relativa y temperatura del aire, planta y suelo.

El viento actúa como agente transportador de agua, mezclando las capas con mayor contenido del mismo con otras que poseen menor cantidad, favoreciendo la difusión y alejando por

tanto el vapor de las proximidades de la superficie evaporante, con lo cual se evita que las capas próximas a la cubierta vegetal queden pronto saturadas y cese por consiguiente la ET.

La temperatura en sí misma no es un factor que afecte directamente a la ET. En términos generales, la temperatura media del aire está influida por la radiación, de tal modo que los meses en que sus valores son más altos, son aquellos en los se recibe más radiación.

- **Factores edáficos**

La disponibilidad de agua en el suelo tiene efectos marcados sobre el proceso de ET. El crecimiento y desarrollo de las plantas no se ven afectados por las variaciones de humedad en el suelo siempre que estas se produzcan entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, intervalo conocido como humedad aprovechable.

En este intervalo de agua útil disponible en el suelo, las plantas evapotranspiran al máximo. Después de una lluvia o riego, la evaporación de agua desde el suelo tiende al máximo. Al cabo de unos días, la superficie del suelo se ha secado y la evaporación desde el suelo inicia su reducción. Sin embargo, la transpiración del cultivo continúa a una tasa dictada por la demanda evaporativa del ambiente, siempre que las raíces puedan absorber agua de la capas más profundas del suelo para reemplazar las pérdidas.

- **Factores biológicos.**

Cuando el cultivo crece y va cubriendo el suelo, la tasa de ET aumenta como consecuencia del incremento del índice de área foliar y de altura de las plantas. El efecto de la altura del cultivo en la ET, está implícitamente considerado en las definiciones de ETP y ETr, al referirse ambas a una masa vegetal verde que cubre íntegramente en terreno y de reducida altura. Con un criterio estrictamente físico, el aumento de altura del cultivo afecta al intercambio de energía y a la capacidad de almacenar y transmitir calor, a consecuencia del creciente espesor de la masa vegetativa. Además, contrariamente a lo que ocurre con la evaporación de una superficie libre de agua, en la cual el área es constante, la superficie de transpiración de una planta se modifica constantemente con su crecimiento.

La ET está asimismo regulada por el mecanismo de apertura de los estomas, que controlan en gran parte el volumen de transferencia de vapor de agua entre los tejidos vegetales y el

aire. Los estomas constituyen la resistencia principal al flujo de evaporación de agua por las hojas y al mismo tiempo la puerta de entrada del CO₂ atmosférico.

- **Factores fitotécnicos.**

En la ET incide la salinidad, este hecho se debe en parte a la reducida disponibilidad de agua, a un crecimiento deficiente, provocado por desequilibrios de nutrición y a los efectos tóxicos de determinados iones en la solución.

Los efectos de la densidad poblacional sobre la ET son similares a los del grado de cobertura o sombreado del terreno por el cultivo. La acción de los nemátodos y enfermedades criptogámicas influyen sobre la eficiencia del uso del agua por los cultivos y, en consecuencia, sobre el proceso de la ET.

El empleo de mallas de sombreado en invernaderos, la asociación de cultivos de conformación conveniente así como el hecho de recurrir a plantas de sombra reduce la radiación excesiva. Las láminas de plástico flexible, tan extendidas con la técnica de acolchonado, son efectivas para reducir la ET, si bien los resultados de su aplicación depende del grado de recubrimiento del suelo y del porcentaje de cubierta vegetal. La técnica de enarenado no es sino un acolchonado de arena, con la ventaja de su aireación. La arena rompe la ascensión capilar del agua almacenada disminuyendo la ET.

En la ET del cultivo repercute muy poco el método de riego si el sistema está bien diseñado y bien manejado, pero no en el caso de riegos aéreos de alta frecuencia o cuando la cubierta del suelo es baja, se han señalado reducciones en la ET cuando el sistema de riego es por goteo solamente en el caso de cultivos poco densos y de plantaciones arbóreas jóvenes.

2.2.3. Determinación de la evapotranspiración

a. Medición de la ET

La evapotranspiración no es simple de medir. Para determinarla experimentalmente se requieren aparatos específicos y mediciones precisas de varios parámetros físicos o el balance del agua del suelo en lisímetros. Los métodos experimentales de campo, son en general caros,

exigiendo precisión en las mediciones, y pueden ser completamente realizados y analizados apropiadamente sólo por personal de investigación suficientemente preparado. A pesar de que estos procedimientos no son apropiados para mediciones de rutina, siguen siendo importantes para la evaluación de las estimaciones de ET obtenidas con otros métodos indirectos (Aguilera y Martinez, 1996).

b. Métodos de balance de energía y microclimáticos

Antón (2002) menciona que la evaporación de agua requiere cantidades relativamente altas de energía, ya sea en la forma de calor sensible o de energía radiante. Por ello, el proceso de evapotranspiración es controlado por el intercambio de energía en la superficie de la vegetación y es limitado por la cantidad de energía disponible. Debido a esta limitación, es posible predecir la evapotranspiración aplicando el principio de conservación de energía. La energía que llega a la superficie debe ser igual a la energía que sale de la superficie en el mismo periodo de tiempo. Todos los flujos de energía deben ser considerados cuando se deriva una ecuación de balance de energía. La ecuación para una superficie de evaporación se puede escribir como:

$$R_n - G - \lambda T - H = 0$$

Dónde:

R_n es la radiación neta,

H es el calor sensible,

G es el flujo de calor del suelo,

λT es el flujo de calor latente.

Los distintos términos pueden ser positivos o negativos. Cuando R_n es positivo, proporciona energía a la superficie y cuando G, λT y H son positivos retiran energía de la superficie. El flujo de calor latente (λT) representa la fracción de la evapotranspiración que puede ser derivada de la ecuación del balance de energía si todos los otros componentes son conocidos. La radiación neta (R_n) y el flujo de calor del suelo (G) pueden ser medidos o estimados en función de parámetros climáticos.

Por el contrario la medición del calor sensible (H) es compleja y sus valores no pueden obtenerse fácilmente. La determinación de H incluye mediciones precisas de los gradientes de temperatura por encima de la superficie.

Otro método para estimar la evapotranspiración es el método de transferencia de masa. Este enfoque considera los movimientos verticales de pequeñas cantidades de aire (remolinos) por encima de una amplia superficie homogénea. Los remolinos transportan la materia (vapor de agua) y la energía (calor, momentum) desde y hacia la superficie de evapotranspiración. Asumiendo condiciones de equilibrio y que los coeficientes de transferencia de los remolinos para el vapor de agua son proporcionales a aquellos para el calor y el momentum, la evapotranspiración puede ser calculada a partir de los gradientes verticales de la temperatura del aire y vapor de agua usando la relación de Bowen. Otros métodos de observaciones directas, utilizan gradientes de velocidad del viento y de vapor de agua. Estos métodos y otros como el de la covarianza de remolinos, requieren medidas precisas de la presión de vapor, y de la temperatura del aire o velocidad del viento a diferentes niveles sobre la superficie. Por lo tanto su aplicación se restringe principalmente, a situaciones de investigación.

c. Balance de agua en el suelo

La evapotranspiración también puede determinarse midiendo varios componentes del balance de agua en el suelo. El método consiste en evaluar los flujos de agua que entran y salen de la zona radicular del cultivo dentro de un determinado periodo de tiempo. El riego (R) y la precipitación (P) proporcionan agua a la zona radicular. Parte de R y P pueden perderse por escurrimiento superficial (ES), y percolación profunda (D) la cual eventualmente recargará la capa freática. El agua también puede ser transportada hacia la superficie mediante capilaridad (C) desde la capa freática sub-superficial hacia la zona de raíces o ser incluso transferida horizontalmente por flujo sub-superficial hacia dentro (FSin) o fuera (FSout) de la zona radicular (FS). Sin embargo, excepto bajo condiciones de pendientes pronunciadas, normalmente los valores de FSin y FSout son mínimos y pueden no ser considerados (FAO, 2006)

La evaporación del suelo y la transpiración del cultivo pueden agotar el agua de la zona radicular. Si todos los otros flujos aparte de la evapotranspiración (ET) pueden ser evaluados, la evapotranspiración se puede deducir a partir del cambio en el contenido de agua en el suelo (SW) a lo largo de un periodo de tiempo:

$$ET = R + P - ES - D + C \pm FS \pm SW$$

Algunos flujos como el flujo sub-superficial, la percolación profunda y la capilaridad desde la capa freática son difíciles de medir y pueden no considerarse en periodos cortos de tiempo. El método del balance de agua en el suelo generalmente solo puede dar estimaciones de ET para periodos largos de tiempo del orden de una semana o diez días (FAO, 2006).

d. Lisímetros

Si se aísla la zona radicular del cultivo y se controlan los procesos que son difíciles de medir, los diversos términos en la ecuación del balance de agua en el suelo se pueden determinar con apreciable exactitud. Esto se hace en lisímetros que son tanques aislados llenados con suelo disturbado o no disturbado en los que el cultivo crece y se desarrolla. En lisímetros de pesaje de precisión, la evapotranspiración se puede obtener con una exactitud de centésimos de milímetro, donde la pérdida de agua es medida directamente por el cambio de masa y períodos pequeños tales como una hora, que pueden ser considerados (Bastiaanssen, 1995).

En lisímetros de drenaje, la evapotranspiración es medida por un período dado, restando la cantidad de agua de drenaje, recogida en el fondo de los lisímetros, de la cantidad total de agua ingresada. Un requerimiento de los lisímetros es que la vegetación dentro e inmediatamente fuera del lisímetro sea idéntica (la misma altura e índice de área foliar). Este requisito no se ha respetado normalmente en muchos estudios de lisimetría y ha dado lugar a datos seriamente desviados y poco representativos de ETc y Kc (Anda, 1994).

Como los lisímetros son difíciles de manejar y caros de construir y además su operación y mantenimiento requieren de especial cuidado, su uso se restringe normalmente a trabajos de investigación (Gebet y Cuenca, 1991).

e. ET calculada con datos meteorológicos

Debido a la dificultad de obtener mediciones de campo precisas, ET se calcula comúnmente con datos meteorológicos. Una gran cantidad de ecuaciones empíricas o semi-empíricas se han desarrollado para determinar la evapotranspiración del cultivo o de referencia utilizando datos meteorológicos. Algunos de los métodos son solamente válidos para condiciones climáticas y agronómicas específicas y no se pueden aplicar bajo condiciones diferentes de las que fueron desarrolladas originalmente. Numerosos investigadores han analizado el funcionamiento de los varios métodos del cálculo para diversas localidades. Como resultado de una Consulta de expertos, el método FAO Penman Monteith se recomienda actualmente como el método estándar para la definición y el cálculo de la evapotranspiración de referencia, ET_0 . La ET del cultivo bajo condiciones estándar se determina utilizando los coeficientes de cultivo (K_c) que relacionan la ET_c con la ET_0 .

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

Dónde:

ET_0 : evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹)

R_n : radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m⁻² día⁻¹)

R_a : radiación extraterrestre (mm día⁻¹)

G : flujo del calor de suelo (MJ m⁻² día⁻¹)

T : temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)

u_2 : Velocidad del viento a 2 m de altura (m s⁻¹)

e : presión de vapor de saturación (kPa)

e_a : presión real de vapor (kPa)

$e_s - e_a$: déficit de presión de vapor (kPa)

Δ : pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C⁻¹)

γ : Constante psicrométrica (kPa °C⁻¹)

Esta ecuación determina la evapotranspiración de la superficie hipotética de referencia y proporciona un valor estándar con el cual se puede comparar la evapotranspiración en diversos periodos del año o en otras regiones así como también puede relacionarse con la evapotranspiración de otros cultivos. No obstante, esta ecuación requiere de datos meteorológicos que muchas veces no están disponibles para su uso. Por ello se opta por otras metodologías que aunque no son tan precisas presentan una correlación muy grande con la metodología FAO Penman-Monteith.

Muchos programas informáticos como el CROPWAT utilizan ya la ecuación FAO Penman-Monteith para determinar ETo. La determinación de la ETc se hace introduciendo en el cálculo el coeficiente de cultivo (Macias, 2009). Posteriormente se mencionarán algunas metodologías para el cálculo del Kc.

f. ETo estimada con el tanque de evaporación

El método FAO Penman-Monteith se mantiene como el método estándar único para el cómputo de la ETo de datos meteorológicos. Sin embargo, la evaporación de una superficie libre de agua, proporciona un índice del efecto integrado de la radiación, la temperatura del aire, la humedad del aire y del viento en la evapotranspiración. Sin embargo, diferencias entre la superficie de agua y las superficies cultivadas producen diferencias significativas entre la pérdida de agua de una superficie libre de agua y una superficie cultivada. El tanque ha probado su valor práctico y ha sido utilizado con éxito para estimar la evapotranspiración de referencia observando la pérdida por evaporación de una superficie de agua y aplicando coeficientes empíricos para relacionar la evaporación del tanque con ETo.

El tanque evaporímetro tipo A está construido de fierro galvanizado sin puntas, de 122 cm de diámetro y de 25.4 cm de profundidad, expuesto y montado sobre un marco de madera construido de tal forma que deje circular el aire libremente por debajo del tanque (Aguilera y Martínez, 1996). Doorenbos y Pruitt (1977) proponen un método para la estimación de la ETo a partir de los datos medidos de evaporación de una lámina libre de agua en el tanque tipo A. la ecuación correspondiente, toma la forma siguiente:

$$E_{T_o} = K_p(E_o)$$

Dónde:

ET_0 : Evapotranspiración de referencia (mm/día)

E_0 : Evaporación del tanque tipo A (mm/día)

K_p : Coeficiente del tanque (adim)

El coeficiente del tanque está en función de la humedad relativa ambiental, del recorrido del viento tomado a 2 m sobre el nivel del terreno y de la distancia en metros desde el tanque hasta el extremo de la cubierta sobre la que se ubica. Los valores de K_p fluctúan alrededor de 0.80 por considerar que hay diferencias significativas en la pérdida de agua de una superficie libre en comparación a la de un cultivo, siendo mayor en la superficie libre que en al del cultivo. El almacenaje de calor dentro del tanque puede ser apreciable y puede causar una significativa evaporación durante la noche mientras que la mayoría de los cultivos transpiran solamente durante el día. También se distinguen diferencias en la turbulencia, temperatura y humedad del aire que se encuentran inmediatamente sobre estas dos superficies. La transferencia de calor a través de las paredes del tanque también afecta el balance energético (Allen *et al.*, 1998).

Fernández et al., (2001) proponen otros modelos como el de la radiación que ha sido utilizado para calcular la ET_0 dentro del invernadero con mucha precisión dado que hay una alta relación de la transpiración con la radiación solar. El modelo propone la siguiente expresión:

- Si $DDA < 220$, $ET_0 = (0.8028 + 0.9001) DDA RS_{inv}$
- Si $DDA > 220$ $ET_0 = (1.9033 - 0.80028) DDA RS_{inv}$

Donde, DDA es el día del año, siendo el 1 de enero el día 1 y el 31 de diciembre el día 365, RS_{inv} es la radiación solar dentro de invernadero expresada en mm día⁻¹. En caso de no disponer de sensor de radiación, los valores de radiación dentro de invernadero pueden estimarse a partir de datos medidos en exterior y un valor de transmisividad, que es función del material de cubierta, tipo de cubierta, encalado, etc.

$$RS_{inv} = RS_{ext} \times t$$

Dónde:

RSext es la radiación solar medida en exterior

t es la transmisividad de la cubierta.

2.2.4. Estimación del coeficiente de cultivo

El coeficiente de cultivo (K_c) integra los efectos de tres características primarias que diferencian un cultivo de una pradera de gramíneas: altura de cultivo, resistencia y albedo de la superficie suelo-cultivo. Es decir, los valores de K_c dependen, sobre todo, del cultivo y su manejo. El K_c es un coeficiente que expresa la diferencia entre la evapotranspiración de la superficie cultivada y la superficie del pasto de referencia (Allen et al., 1998). Además, depende de las condiciones climáticas, de la disponibilidad de agua en el suelo, del estado sanitario del cultivo, de las técnicas culturales aplicadas y, especialmente durante la primera etapa de crecimiento, de la frecuencia de lluvias o riego (Doorenbos y Pruitt, 1974 y 1987). La mayor parte de los métodos que se utilizan para el cálculo de los coeficientes de cultivo parten de la relación entre la E_{To} del cultivo y la E_{Tc} , es decir, $E_{Tc} = E_{To} * K_c$; despejando el k_c de la expresión anterior:

$$K_c = E_{Tc} / E_{To}$$

Según Jensen (1991), los coeficientes k_c se basan fundamentalmente en mediciones de E_t efectuadas mediante técnicas de balance hídrico en el suelo, que son menos precisas que las obtenidas con lisímetros. Estos coeficientes son válidos para condiciones “medias”, que incluyen técnicas culturales normales y condiciones hídricas en el suelo también comunes y que no requieren corrección alguna.

Wright (1982), da a conocer datos de coeficiente de cultivo obtenidos mediante mediciones con lisímetros. El término que utiliza para referirse a ellos es el de “basal crop coefficients” y aconseja utilizarlo cuando no existe evaporación desde la superficie del terreno y las disponibilidades hídricas del suelo no limitan la E_T .

Allen et al., (1998) por su parte, proponen un método gráfico para elaborar la curva del K_c en estudios preliminares o de planificación en el que solamente se requiere de tres valores de K_c para la descripción y elaboración de esta curva. Esta curva, se construye a través de los pasos siguientes: 1. Dividir el período de crecimiento en las cuatro etapas generales que

describen la fenología o desarrollo del cultivo (inicial, desarrollo del cultivo, mediados de temporada y final); 2. Determinar la duración, en días, de las cuatro etapas de crecimiento e identificar los tres valores de K_c que corresponden a K_c inicial, K_c de mediados de la temporada y K_c final. Ajustar los valores de K_c según la frecuencia del humedecimiento o las condiciones climáticas de las etapas de crecimiento; 3. Construir una curva uniendo segmentos de línea recta a través de cada una de las etapas de crecimiento. Se deberán trazar líneas horizontales a través de K_c inicial en la etapa inicial y a través de K_c de mediados de temporada. Se deberán trazar líneas diagonales desde K_c inicial hasta K_c medio durante la etapa de desarrollo del cultivo y desde K_c medio hasta K_c fin durante la etapa final.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁREA EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación se realizó en el fundo Don Germán del instituto regional de desarrollo de Costa (IRD Costa), de la Universidad Nacional Agraria La Molina, ubicado en el kilómetro 142.5 de la carretera antigua panamericana sur, Cañete. Cuya ubicación política es la siguiente:

Región	:	Lima
Departamento	:	Lima
Provincia	:	Cañete
Distrito	:	San Vicente

Y su ubicación geográfica es:

Latitud Sur	:	13°05'57,84''
Longitud Oeste	:	76° 21'54,45''
Altitud	:	45 m.s.n.m.

El lote donde se realizó el experimento, es una parcela a campo abierto con sistema de riego por goteo, cuya área fue de 2234.4 m².

3.2. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Para la caracterización física – química del suelo, se realizó un muestreo al azar en todo el campo, tomándose 10 submuestras en tres diferentes profundidades (15, 30 y 45 cm) obteniéndose aproximadamente 1 kg de suelo a partir de la muestra homogenizada. Los análisis de caracterización de suelo se realizaron en el Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Los resultados se muestran en el Cuadro N° 3.

Cuadro 3: Análisis de caracterización de suelo

Características	15 cm	30 cm	45 cm
pH (1:1)	7.32	8.18	8.18
C.E. (1:1) d S/m	0.71	0.43	0.37
CaCO₃ (%)	0.5	0.8	0.7
M.O. (%)	2.76	1.63	1.35
P ppm	7.3	6.9	3.5
K ppm	280	240	181
Arena (%)	49	49	47
Limo (%)	31	31	29
Arcilla (%)	20	20	24
Clase Textural	Fr.	Fr.	Fr.
CIC (meq/100g)	21.92	14.40	14.40
Ca⁺² (meq/100g)	18.20	10.61	10.78
Mg⁺² (meq/100g)	2.63	2.82	2.83
K⁺ (meq/100g)	0.89	0.72	0.53
Na⁺ (meq/100g)	0.20	0.25	0.26
Al⁺³ + H⁺ (meq/100g)	0.00	0.00	0.00
Suma de Cationes	21.92	14.40	14.40
Suma de Bases	21.92	14.40	14.40
% Sat. De Bases	100	100	100

FUENTE: Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina. 2015

El suelo presentó clase textural franco, el pH a los 15 cm fue ligeramente alcalino (7.32), a los 30 y 45 cm fue moderadamente alcalino (8.18), con un porcentaje de materia orgánica intermedio a los 15 cm (2.76%) y en las otras profundidades fue bajo (1.63-1.35% respectivamente).

Los contenidos de Fósforo disponible a los 15 cm fue medio (7.3 ppm) y en las otra dos profundidades fue bajo (6.9-3.5 ppm respectivamente). El Potasio disponible en las profundidades de 15 y 30 cm fue alto (280-240 ppm respectivamente) y en el de 45 cm fue bajo (181 ppm).

Suelo no salino en las tres profundidades (0.71, 0.43 y 0.37 dS/m respectivamente), el contenido de carbonato de calcio fue bajo para las tres profundidades (0.5, 0.8 y 0.7% respectivamente). La capacidad de intercambio catiónico (CIC) a los 15 cm de profundidad fue de nivel medio (21.92 meq/100g), a 30 y 45 cm fue bajo (14.40 meq/100g en ambos casos). El porcentaje de saturación de bases fue alto en las tres profundidades (100 %).

Descrito todas estas características del suelo se puede decir que se considera un suelo bueno para el cultivo de tomate, al poseer un buen drenaje y una buena estructura física, considerando también que el mayor porcentaje de raíces se encuentra en los primeros 20 cm del suelo y llegando a una profundidad de 60 cm.

3.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

La información meteorológica durante el periodo que se desarrolló el ensayo se obtuvo de la estación Davis Ventage Pro del fundo Don German-IRD Costa, Cañete. En el Cuadro N° 4 se presenta el resumen de los datos meteorológicos por mes, donde se observa que la temperatura promedio varió entre 21.92 y 24.77 °C. La humedad relativa promedio fue 86.14%. La evapotranspiración varió entre 2.64 y 3.56 mm. Los datos diarios se muestran en el anexo N°1.

Cuadro 4: Condiciones meteorológicas de temperatura, humedad relativa y evapotranspiración (ET) en el período enero – Abril. Cañete, 2016.

Mes	Temperatura (°C)			ET _o (mm)	Humedad Relativa (%)
	Promedio	Máxima	Mínima		
Enero	23.19	26.8	19.93	3.54	84.42
Febrero	24.77	28.45	22.09	3.56	85.58
Marzo	24.13	28.16	21.25	3.35	86.18
Abril	21.92	25.81	19.27	2.64	88.36
Prom. Total	23.5	27.31	20.64	3.27	86.14

FUENTE: Estación Meteorológica Davis Ventage Pro del fundo Don German-IRD Costa-Cañete. 2016.

Según Castaños (1993) la temperatura promedio óptima para una campaña de tomate debe ser de 24 °C, en nuestro caso tuvimos una temperatura promedio en toda la campaña de 23.5 °C acercándonos a lo óptimo según este autor.

Según MAGCr. (1991), la temperatura óptima para la maduración del fruto es entre 18-24 °C. A su vez Valadéz (1990), menciona que si la temperatura es menor a 13 °C, los frutos tienen una maduración muy pobre; situación similar sucede cuando la temperatura es mayor a 32 °C, debido a que la coloración roja (licopeno) es inhibida y los frutos se tornan amarillos. En la etapa de desarrollo y maduración de fruto se obtuvo una temperatura promedio de 24.13 °C por lo que no tuvimos problemas de maduración ni de coloración de los frutos.

Resh (1993), menciona que se ha demostrado que una humedad relativa del 70% es la mejor para la polinización, “cuajado” de fruto y posterior desarrollo de éste. Humedad del ambiente mayor de 70% disminuye la posibilidad de que se transfiera suficiente polen al estigma. Por otro lado, humedad demasiado seca (humedad relativa inferiores al 60 – 65%) causa la desecación del polen. En nuestro caso se obtuvo una humedad relativa promedio de 86.14 % que es alto, esto debido a que en tempranas horas de la mañana se tenía una humedad relativa máxima llegando a más del 95 % disminuyendo en el resto del día. Por lo que no se tuvo problemas con el cuajado de los frutos. Por lo tanto, entre los meses de enero y abril existieron condiciones adecuadas de clima para el cultivo de tomate en Cañete.

3.4. CULTIVO

En el presente trabajo de investigación se utilizó el cultivar de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Katya, que es uno de los cultivares más sembrados en la zona.

- **Cultivar Katya**

Hibrido de tomate tipo Roma determinado con excelente calidad de frutos y muy buen rendimiento. Amplia gama de resistencias incluyendo Fol 3, TYLCV, Fol (race 1, 2, 3), ToMV, TSWV, TYLCV. Tiene una forma de fruta ovalada, un peso por fruto de 100 a 170 gr. Se puede cultivar todo el año (Hazera, 2014).

3.5. INSUMOS

Durante la ejecución del presente trabajo de investigación se utilizaron diferentes insumos para la fertilización como para el control de plagas y enfermedades que se detallan en el anexo N° 2. En el cuadro N° 5 se resumen los fertilizantes que se emplearon. La dosis de NPK fue 275-100-500 kg/ha.

Cuadro 5: Características de fertilizantes utilizados en el cultivo de tomate. Cañete-2016.

Nombre comercial	Fuente	Fórmula	Composición	Dosis de NPK utilizada	Presentación
			(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	(Kg/ha)	(Kg)
			Ultrasol K	Nitrato de potasio	KNO ₃
Ultrasol MPK	Fosfato monopotásico	KH ₂ PO ₄	0-52-34	100	25
Ultrasol Nit_one	Nitrato de Amonio	NH ₄ NO ₃	33-0-0	275	25

3.6. MATERIALES DE CAMPO

Comprende los siguientes materiales:

- Semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. *Katya*)
- Cinta métrica
- Cuaderno de apuntes
- Bolsas de papel
- Pipeta de 5 ml
- Cámara fotográfica
- Cintas adhesivas de colores
- Manta térmica
- Botellas con tapa de 50 ml
- Cintas de riego
- Palas, picos, martillos y carretilla

Equipos:

- Dream team sistema de riego
- Estufa y refrigeradora
- Balanza analítica de precisión y comercial
- Potenciómetro
- Tensiómetros
- Refractómetro
- Vernier
- Estufa
- Mochilas de aplicación
- Tanque de evaporación
- Estación Davis ventage pro

3.7. MANEJO DEL CULTIVO

a. Preparación del terreno

La preparación del terreno es muy importante para la buena germinación de la semilla y el manejo de plagas y enfermedades. Se realizaron las labores de arado, gradeo y nivelado.

b. Siembra

Se realizó almácigos en el invernadero del Huerto- UNALM, se utilizó doce bandejas de 8 x 24 celdas de una profundidad de 6 cm con un total de 2304 plántulas. Para la siembra se utilizó un sustrato a base de musgo *Sphagnum Canadiense* y vermiculita cuyo nombre comercial es el sunshine mix tres. Los riegos fueron semanales durante los 40 días en lo que permaneció en el invernadero hasta su posterior trasplante en campo definitivo.

c. Trasplante

El trasplante a campo definitivo se realizó el 5 de enero del 2016 en el fundo Don German en Cañete. Con una densidad de siembra de 0.7 m entre plantas y 1.9 m entre línea con un total de 1680 plantas en el área experimental. Se procedió a trasplantar una plántula a la altura de cada gotero de la cinta de riego pero evitando que el cuello de planta esté en contacto directo previniendo de esta manera cualquier ataque fungoso (*Phytophthora*, *Pythium*, etc.).

d. Recalce

El recalce se realizó donde se observaron plantas débiles, esta labor permitió que la totalidad del ensayo contara con el mismo número de plantas (420 plantas) para cada uno de los tratamientos.

e. Riego

En este trabajo experimental los riegos fueron los tratamientos que se aplicaron al cultivo: 150% de la ETc, 100% de la ETc, 75% de la ETc y 50% de la ETc. La ETc fue calculada empleando los datos de la estación meteorológica Davis Ventage Pro del fundo Don German-IRD Costa-Cañete, para lo cual se utilizó la ecuación de Penman Monteith.

La calidad del agua de riego fue óptima para el desarrollo del tomate (anexo N° 3). El riego fue por goteo con un sistema automatizado para programar la dosis de riego en m³. Los riegos se realizaron cada dos días (esto por criterio propio sin conocer la humedad del suelo). La pluviometría del sistema fue de 0.4032 mm/h, pero se regó cada tratamiento independientemente siendo la pluviometría para cada tratamiento de 0.1008 mm/h. La presión de agua con la que sale de la caseta de riego fue de 2 bares, la pérdida de presión era mínima en el campo. El tiempo que se demoraba en llegar el agua desde la caseta de riego hasta el campo fue de 1.8 min en tuberías de 1 pulgada y de 4.2 min en tuberías de 1.5 pulgadas. Se realizó una prueba de uniformidad de goteros el cual arrojó que existía un 96% de uniformidad entre los goteros.

f. Fertilización

La fertirrigación se realizó 2 veces por semana (lunes y viernes) el cual consistió en dividir la dosis de NPK (275-100-500 kg/ha) en el tiempo que permaneció el cultivo (hasta la segunda cosecha) según los requerimientos de cada etapa fenológica. Detalles del plan de fertilización se muestra en el anexo N° 4.

g. Deshierbos

Se realizó el control de malezas con deshierbos manuales, el primer deshierbo se realizó a la semana del trasplante y luego se repitió cada semana hasta la primera cosecha.

h. Control fitosanitario

Para el control fitosanitario se realizó un manejo integrado de plagas y enfermedades (MIP) que se describe a continuación:

Control cultural

- Se retiró los rastrojos que quedaron en el la campaña anterior (zapallito italiano) por ser portador de inóculos de plagas y enfermedades.
- Se realizó un buen riego de machaco para eliminar algunas larvas, pupas, etc.
- Hubo una buena preparación de terreno para exponer las larvas, pupas, etc. que se encontraban dentro del suelo y remover las malezas.

- Se evitó el contacto directo con las plantas en las labores a realizar o desinfectarse las manos con hipoclorito de sodio al 5% así como las herramientas a utilizar.
- Se instaló una malla o manta térmica que cubrió todas las plantas en las primeras cuatro semanas esto para proteger los brotes del ataque de *Prodiplosis longifila* Gagné, principalmente.
- Se instaló barreras vivas de hinojo y maíz alrededor del campo experimental, estas fueron sembradas dos semanas antes del tomate.

Control Manual o Mecánico

- Consistió en el recojo a mano de insectos, en estado de huevo, larvas o adultos como sucedió con las larvas de *Agrotis spp*, *Tuta absoluta* (Meyrick), *Heliothis virescens* (Fabr.) y *Spodoptera ochrea* (Guen.).
- Retirar del campo de cultivo a las plantas enfermas o las partes de algunas de ellas que estén afectadas por la plaga o enfermedad. Por ejemplo, se retiró las plantas que tuvieron problemas de *Pythium spp.* , *Phytophthora sp.*

Control Etológico

- Nos basamos en el comportamiento y las preferencias de cada plaga en sus diferentes estados.
- Se instaló trampas amarillas estas son trampas cromatográficas preventivas utilizada con la finalidad de atraer adultos de Mosca minadora (*Lyriomiza huidobrensis*), Mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y áfidos. Fueron distribuidas aleatoriamente en las parcelas.
- Se instaló trampas de melazas estas son trampas de alimento distribuidas aleatoriamente en las parcelas son útiles para capturar adultos de lepidopteros.
- Se colocaron trampas de alimentos como cebos tóxicos para gusanos de tierra, estos contenían un insecticida (Chlorpyrifos) y fue mezclado con afrecho y un poco de melaza. Se colocaron alrededor del cuello de la planta y fue distribuido aleatoriamente el campo.
- Se realizaron evaluaciones semanales de todas las trampas en el cual se contaron el número de adultos, larvas, ninfas, huevos, etc.

Control Biológico

• Gracias a la instalación de barreras como el maíz y el hinojo se contó con una fauna biológica que ayudó en ejercer control ya sea predando o parasitando a las plagas, entre lo más comunes encontramos:

- Dentro de la familia Chrysopidae a *Chrysoperla externa* Hagen y *ceraeochrysa cincta* Schneider
- Dentro de la familia de coccinellidae a *Hippodamia convergens*, *Cryptolaemus montrouzieri*, *Harmonia sp.* y *Cycloneda sanguinea*.
- Heterópteros del género Orius.

Control químico

• Se usaron diferentes tipos de plaguicidas para el control de plagas en tomate. Estos fueron tomados por su eficiencia en el control de plagas y en los diferentes modos de acción que tienen para evitar generar resistencia de la plaga al ingrediente activo. Las dosis fueron las adecuadas y también se tomó en consideración la lista de plaguicidas permitidas en el Perú y registradas en SENASA.

• Cabe resaltar que las aplicaciones fueron realizadas por personas capacitadas, con la indumentaria correcta para evitar riesgos y de una manera eficiente. Respetando el periodo de carencia de cada producto así como el periodo de reingreso a campo.

• Las aplicaciones se realizaron previas evaluaciones de plagas en campo, siguiendo una cartilla de evaluación (anexo N° 5), algunas se aplicaron de manera preventiva. El plan de control químico en tomate para el fundo Don German- cañete 2016 se describe en el anexo N° 6.

i. Cosechas

La cosecha se inició a los 72 días después del trasplante, cuando una gran parte de los frutos tenían una coloración del 90% rojizo. La frecuencia de cosecha fue cada semana y se realizó de forma manual, realizándose un total de seis cosechas.

3.8. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Los tratamientos que se evaluaron en el presente experimento fueron cuatro láminas de riego, tomando como base la evapotranspiración del cultivo (ETc). Las láminas aplicadas fueron 50% del ETc, 75% del ETc, 100% ETc, 150% ETc (Cuadro N° 6). La aplicación del riego fue automatizado y respetando un cronograma de riego, regándose cada 2 días por decisión propia (sin tener conocimiento del contenido de humedad en el suelo). El ETc fue calculado sumando la evapotranspiración de los días anteriores del riego obteniendo un ETc final con el que se programó el riego en m³, tomando los datos de la evapotranspiración potencial de la estación Davis ventage pro del fundo Don German y el Kc según el boletín de la FAO 56 que se resume en el cuadro N° 7 (FAO, 2006).

Cuadro 6: Tratamientos evaluados en el presente ensayo

Tratamientos (Porcentaje de la ETc)		Lámina de Riego (mm/ha/campaña)
1	150	498.21
2	100	333.93
3	75	251.79
4	50	169.65

Cuadro 7: Kc del cultivo de Tomate según cada etapa fenológica

Etapa	Duración (días)	Kc
Inicial	15	0.3
Desarrollo	10	0.75
Temporada media	60	1.15
Temporada final	25	0.85

Fuente: Boletín 56 FAO: Estudio FAO riego y drenaje 2006.
http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_tomato.html

3.9. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó un diseño cuadrado latino, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Las pruebas estadísticas realizadas fueron: Análisis de Variancia y la prueba de Tukey al 5 % para la comparación de medias entre tratamientos.

Cada unidad experimental tuvo catorce metros de largo por diez metros de ancho y un metro entre calles. Cada unidad experimental tuvo cinco líneas de riego. Asimismo la distancia entre planta fue de 70 cm y entre línea fue de 1.9 m. Las características de las unidades experimentales empleadas en el presente trabajo se presentan en el Cuadro N° 7.

Cuadro 8: Características del área experimental utilizada

Área experimental de la parcela	
Número total de parcela	16
Número de líneas por unidad experimental	5
Largo de la unidad experimental	14.7 m
Ancho de la unidad experimental	9.5 m
Área total de la unidad experimental	139.65 m ²
Área experimental de los tratamiento	
Número de tratamientos	4
Número de parcelas por tratamiento	4
Área total de los tratamientos	558.6 m ²
Área experimental de los bloques	
Número de bloques	8
Número de tratamientos por bloque	4
Número de parcelas por bloque	4
Área total del bloque	558.6 m ²
ÁREA NETA EXPERIMENTAL	2234.4 m²

3.10. CARACTERÍSTICAS EVALUADAS

1. Número de flores

A los 48 días después del trasplante se evaluó el número de flores por planta por tratamiento, esta evaluación se realizó en el surco central y se obtuvo el promedio por planta.

2. Rendimiento

a. Número de frutos

Se contó el número de frutos en cada cosecha y de cada unidad experimental.

b. Peso total

Se obtuvo el peso total de cada unidad experimental en cada cosecha, que luego fueron llevados a rendimiento en toneladas por hectárea.

c. Rendimiento comercial y no comercial

Se evaluó el rendimiento comercial y no comercial de cada unidad experimental.

3. Área Foliar

Se evaluó en la tercera cosecha, para lo cual se utilizó una planta por unidad experimental, una vez seleccionada las hojas se tomaron fotos a todas las hojas de la planta y se procesó con un programa de lenguaje y programación para análisis estadístico y gráfico "R".

4. Porcentaje de materia Seca

Se evaluó en la tercera cosecha, para lo cual se utilizó una planta por unidad experimental (la misma planta que se utilizó para evaluar el área foliar). Se separaron en: raíz, hojas, tallo, frutos y se pesó en fresco. Luego se colocó en una estufa a 60°C por tres días para luego pesarlo en seco.

5. Calidad de producción

5.1 Calidad comercial de los frutos

Se clasificó y evaluó en porcentaje el rendimiento en categorías de calidad comercial según los rangos establecidos para el mercado nacional: frutos de primera (más de 100 g), frutos de segunda (50 – 100 g) y tercera (20-50 g).

5.2 Calidad no comercial de los frutos

Se clasificó y evaluó en porcentaje el rendimiento en categorías de calidad no comercial o descarte dentro del cual se encuentran los frutos con daños de plagas, enfermedades u otros daños como pudrición apical.

6. Calidad de fruto

6.1 Externa

Se tomaron 10 frutos al azar por cada tratamiento en cada cosecha en los que se evaluó peso, diámetro ecuatorial, diámetro polar y dureza.

6.2 Interna

a. Porcentaje de sólidos solubles

Se determinó colocando unas gotas del jugo del fruto de tomate en el refractómetro digital.

b. Porcentaje de ácido cítrico

Se determinó titulando una muestra centrifugada de jugo de tomate (5cc) con hidróxido de sodio 0.1 N, con una a tres gotas de fenolftaleína (indicador). Cuando hubo el cambio de color, de transparente a rosado grosella se anotó el gasto de NaOH 0.1 N y a través de una fórmula mostrada luego se obtuvo el porcentaje de ácido cítrico.

Los ácidos orgánicos presentes en los alimentos influyen en su sabor, color y estabilidad. Los valores de acidez pueden ser muy variables en el tomate; el contenido de ácidos orgánicos aumenta con el crecimiento del fruto y se acumula principalmente en los lóculos; los principales ácidos

son el málico y el cítrico, que representan alrededor del 13% de la materia seca. Al principio del crecimiento, el ácido málico es el predominante, mientras el cítrico representa sólo el 25% (Nuez, 1995). Como se utilizó frutos en estado de madurez de consumo, se asume que el contenido de ácido cítrico es mayor; por esta razón, la acidez titulable se expresó con relación a este:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{k \times N \times \text{gasto NaOH}}{V}$$

Dónde:

k: Constante de acidez (ácido cítrico = 0.064)

N: Normalidad del NaOH

Gasto NaOH: gasto obtenido en la titulación

V: Volumen total de la muestra

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 NÚMERO DE FLORES

Según los resultados que se resumen en el cuadro N° 9 (cuyo ANOVA se detalla en el anexo N° 7), se observa que hubo diferencias significativas en los tratamientos de láminas de riego. El tratamiento de lámina de riego con 150% de la ETc obtuvo mayor número de flores por planta con respecto a los tratamientos de 100%, 75% y 50% de la ETc. Entre los tratamientos de 75% y 50% no se encontró ninguna diferencia significativa en la producción de flores.

Cuadro 9: Efecto de cuatro láminas de riego en el número de flores en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. *Katya*). Cañete 2016.

Tratamiento	Número de flores por planta ¹
150 % de la ETc	28.5 a*
100% de la ETc	25.0 b
75% de la ETc	18.8 c
50% de la ETc	16.3 c
ANVA	*
\bar{x}	22.15
CV %	5.21

* Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%.

¹ Dato tomado 48 días después del trasplante.

Esta variable es importante evaluarla ya que el número de flores es un indicador del número de frutos que se puede cosechar luego. El tratamiento de riego con 150% de la ETc produjo más flores por ende es de esperar un mayor número de frutos (siempre y cuando no haya problemas de caída de flores, aborto de fruto y daños por plagas o enfermedades).

Las flores del tomate se desarrollan a partir de yemas situadas en el eje del ángulo entre la hoja y el tallo. En consecuencia, las flores se forman en secuencia a medida que aumenta el número de hojas en el tallo, y la aparición de flores y frutos se superpone al crecimiento vegetativo durante todo el período. Este período dura más tiempo en el tipo indeterminado que en el determinado, debido a la diferencia de duración del desarrollo de las hojas nuevas. Los primeros nudos en el tallo que pueden potencialmente formar flores se produce entre el

quinto y el séptimo nudo, según la variedad y las temperaturas en las primeras semanas de cultivo (Dieleman y Heuvelink, 1992).

Las flores del tomate se forma a medida que se forma las hojas es por eso que el tratamiento con mayor lámina de riego y mayor área foliar produjo mayor número de flores a diferencia de los otros tratamiento.

En el estudio FAO: Riego y drenaje, Pasquale et. al., (2012) nos dice que el tomate tiene una marcada tendencia a dejar caer tempranamente yemas florales, flores y frutos jóvenes bajo ciertas condiciones, como un nivel bajo de radiación solar y alta temperatura y humedad. El nitrógeno y el estado hídrico de la planta son igualmente influyentes. Un alto nivel de nitrógeno o estado hídrico estimula el crecimiento vegetativo; esto al parecer compite por los asimilados con las flores y frutos en desarrollo, provocando abscisión de las flores y aborto de frutos jóvenes. Además, un suministro limitado de agua puede suprimir el desarrollo de nuevas hojas, dando como resultado un período reducido de formación del fruto.

El tratamiento con mayor lámina de riego no tuvo problemas con abscisión de flores ni con aborto de frutos. El contenido de agua fue óptimo para la producción de flores como frutos lo cual se reflejó en un mayor rendimiento, como se mostrará posteriormente.

5.2 RENDIMIENTO

5.2.1 Rendimiento total

En el cuadro N° 10 se resumen los resultados obtenidos en el presente ensayo. Se aprecia que hubo diferencias significativas entre las medias según la prueba de Tukey. En el tratamiento de 150% ET_c (T1) se encontró diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos en el rendimiento total, en cambio entre los demás tratamientos (100%, 75% y 50% de la ET_c) no se encontró ninguna diferencia significativa.

Cuadro 10: Efecto de cuatro láminas de riego en el rendimiento (T/ha) y número de frutos producido en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. *Katya*). Cañete 2016.

Tratamiento	Rendimiento (T/ha)	Número de frutos (N°/ha)
150 % de la ETc	49.41 a*	647133 a*
100% de la ETc	27.23 b	447578.2 b
75% de la ETc	19.28 b	334079 b
50% de la ETc	17.94 b	346510.7 b
ANVA	*	*
\bar{x}	28.47	443825.23
CV %	23.28	14.21

* Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%.

Se observó que el rendimiento de tomate disminuye a medida que disminuye la lámina de riego indicándonos que el rendimiento del tomate es directamente proporcional a la lámina de riego bajo las condiciones del presente ensayo. A fines de los años 70 la FAO introduce el término “Factor de respuesta del Rendimiento (K_y) ”. El factor de respuesta del rendimiento (K_y) capta la esencia de las complejas relaciones que existen entre la producción y el uso del agua en un cultivo, donde ocurren procesos biológicos, físicos y químicos. La relación ha demostrado una notable validez y ha brindado un procedimiento utilizable para cuantificar los efectos de los déficits de agua sobre el rendimiento.

Este enfoque y los procedimientos de cálculo para estimar la respuesta del rendimiento al agua se publicaron en el Estudio FAO: Riego y Drenaje N° 33 (Doorenbos y Kassam, 1979), considerado como una de las publicaciones hito de la FAO, y usado ampliamente en todo el mundo para múltiples aplicaciones. Los valores de K_y son específicos para cada cultivo y varían durante el período de crecimiento, así:

$K_y > 1$: la respuesta del cultivo es altamente sensible al déficit hídrico, con una disminución del rendimiento proporcionalmente mayor que la disminución del uso del agua, debido al estrés.

$K_y < 1$ el cultivo es más tolerante al déficit hídrico y se recupera parcialmente del estrés, mostrando disminuciones del rendimiento proporcionalmente menores, debidas a la disminución del uso del agua.

$K_y=1$: la disminución del rendimiento es directamente proporcional a la disminución del uso del agua.

El cultivo de tomate presenta un K_y de 1.05 (Doorenbos y Kassam, 1979). Por ende la disminución de la lámina de riego disminuye notablemente el rendimiento. Existe una relación directa entre la cantidad de lámina de riego y la producción de biomasa por eso en este ensayo se encontró que el tratamiento de riego con 150% de la ET_c obtuvo el mayor rendimiento (cuadro N° 10). En la figura N° 4 se aprecia la distribución de los rendimientos observados en las seis cosechas por cada tratamiento aplicado, esto se detalla en el anexo N° 8.

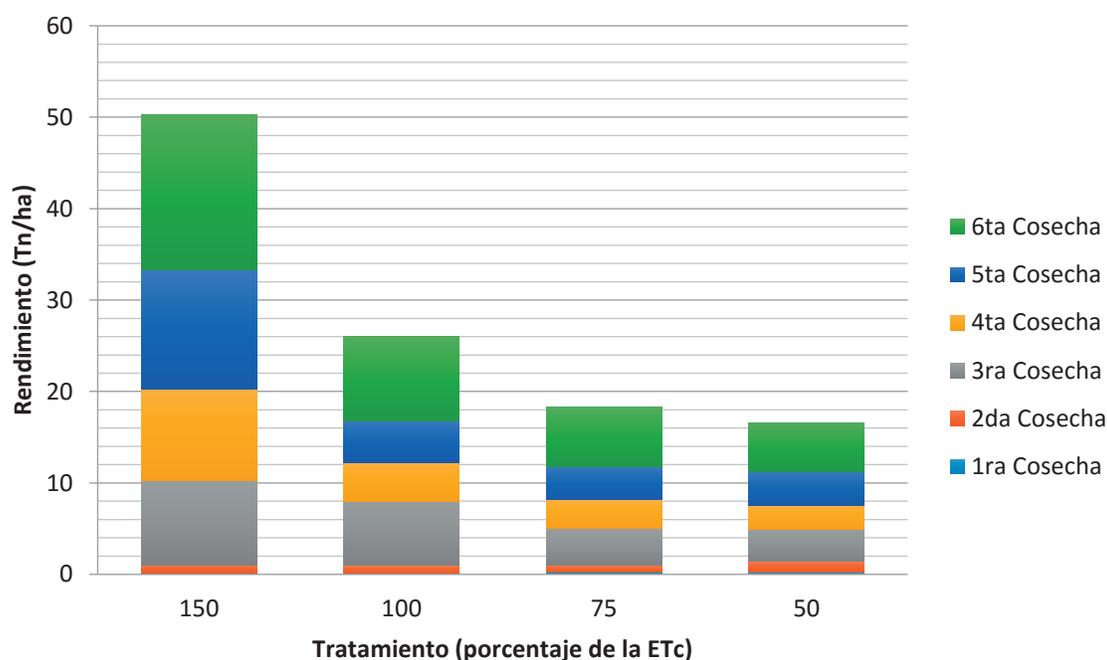


Figura 4. Distribución de los rendimientos en las seis cosechas de tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. *Katya*) aplicando cuatro láminas de riego. Cañete 2016

Como menciona Pasquale et. al., (2012) La radiación solar interceptada es la fuerza que impulsa la transpiración y la fotosíntesis del cultivo. Por tanto, existe una relación directa entre la producción de biomasa y el agua consumida a través de la transpiración. El estrés hídrico y la disminución de la transpiración tienen como resultado una reducción en la

producción de biomasa, lo cual generalmente también reduce el rendimiento. En el estudio FAO: Riego y drenaje, Pasquale et. al., (2012) menciona que el tomate para procesamiento consume 400-800 mm de agua desde la emergencia/trasplante hasta la cosecha, dependiendo del clima, tipo de planta, suelo, riego y manejo de cultivo. Las plantas de tomate pueden tolerar la sequía en cierto grado; por lo tanto, los niveles de humedad del suelo pueden alcanzar el 50 % del total de agua disponible (TAW) sin pérdidas significativas de rendimiento, después de que se ha completado el desarrollo del follaje. Es importante mantener niveles adecuados de humedad en el suelo al inicio del ciclo biológico, al momento del trasplante y desde la primera flor hasta que el cuajado completo del fruto (por ejemplo, del quinto racimo en los ejes principales). El riego puede detenerse un par de semanas antes de la cosecha, dependiendo del almacenamiento de humedad del suelo y las previsiones de lluvia. Sin embargo Ortega et al., (2003) en el experimento “Efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomates de invernadero producido en primavera-verano” realizado en Talca-Chile, nos menciona que el tratamiento de riego con 140% de la ET_c produjo un mayor rendimiento a diferencia de los otros tratamientos (testigo, 60% y 100%) Este tratamiento junto al testigo presentaron un porcentaje de humedad volumétrica del suelo entre 50% de humedad disponible a 100% (capacidad de campo), en algunos momentos siendo mayor a éste.

El gasto de agua total en el experimento fue de 305.46 mm/ha/campaña. Si solo se regara con el T1 (150% de la ET_c) tendríamos un gasto de 498.21 mm/ha/campaña, el cual se encuentra en el rango de requerimiento de agua en el tomate mencionado anteriormente por la FAO (400-800 mm/ha/campaña), si se hubiese regado solo con el 100% de la ET_c (333.93 mm/ha/campaña), 75% de la ET_c (251.79 mm/ha/campaña) y 50 % de la ET_c (169.65 mm/ha/campaña) no se encontrarían dentro de ese rango (Anexo N° 9).

Según los resultados que se muestran en el cuadro N° 9, se observa que hubo diferencias significativas entre las medias. En el tratamiento de 150% ET_c (T1) se encontró diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos en el número total de frutos, en cambio entre los demás tratamientos (100%, 75% y 50% de la ET_c) no se encontró ninguna diferencia significativa.

El número de frutos es consecuencia del número de flores que generó la planta, eso se comprobó con la evaluación de número de flores por planta en cada tratamiento cuyos resultados se discutieron anteriormente. El tratamiento de riego con 150% de la ETc produjo mayor número de flores y también mayor número de frutos. Los otros tratamientos no presentaron diferencia significativa entre el número de flores y tampoco entre número de frutos.

5.2.2 Rendimiento Comercial y no Comercial

Según los resultados que se observa en el cuadro N° 11, se encontraron diferencias significativas entre las láminas de riego para el rendimiento comercial (frutos de primera, segunda y tercera), pero no se encontraron diferencias significativas entre las láminas de riego para el rendimiento no comercial o descarte (frutos con daños de plagas y/o enfermedades y con daño de pudrición apical). En la figura N° 5 se observa que el tratamiento de riego con 150% de la ETc produjo mayor rendimiento de frutos comerciales (frutos de primera, segunda y tercera) a diferencia de los otros tratamientos, también se puede observar que la producción de frutos no comerciales o descarte fue muy similar entre los tratamientos, sin embargo se observa una tendencia a incrementarse conforme la lámina de riego disminuye.

Cuadro 11: Rendimiento comercial y no comercial (T/ha) en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. *Katya*) empleando cuatro láminas de riego. Cañete 2016.

Tratamiento (% de la ETc)	Rendimiento total (t/ha)	Rendimiento Comercial (t/ha)	Rendimiento no comercial (t/ha)
150	49.41 a* (100%)	43.15 a*(87.33%)	6.26 a*(12.67%)
100	27.23 b (100%)	21.99 b (80.77%)	5.23 a (19.23%)
75	19.28 b (100%)	14.81 b (76.81%)	4.47 a (23.19%)
50	17.94 b (100%)	11.88 b (66.22%)	6.06 a (33.78%)
ANVA	*	*	ns
\bar{x}	28.47	22.96	5.05
CV %	23.28	29.24	19.28

* Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%.

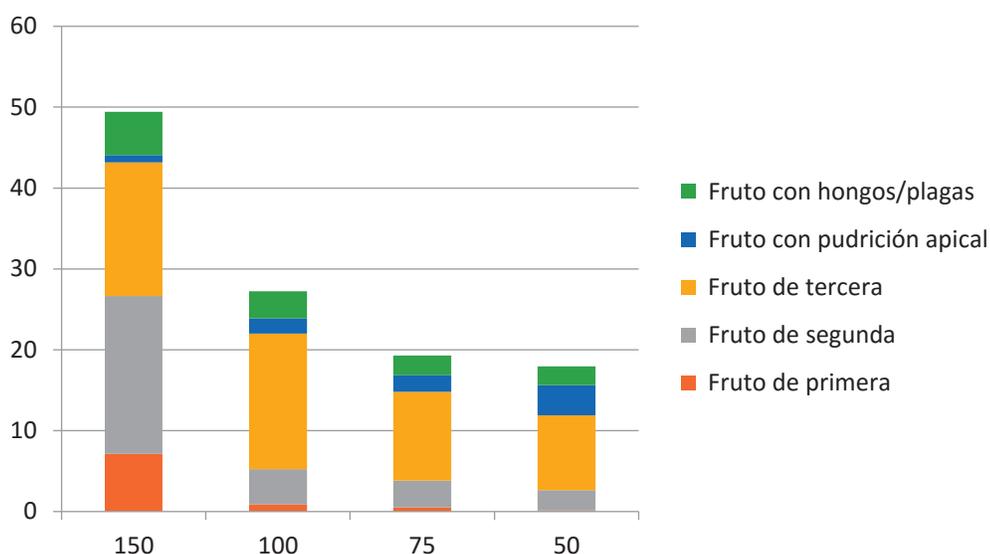


Figura 5. Distribución del rendimiento comercial y no comercial (T/ha) según la calidad de producción en tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. *Katya*) aplicando cuatro láminas de riego. Cañete 2016.

5.3 ÁREA FOLIAR

Según los resultados que se resumen en el cuadro N° 12, si se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento con 150% de la ET_c (T1) obtuvo diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos en la producción de área foliar, en cambio en los demás tratamientos (100%, 75% y 50% de la ET_c) no se encontró ninguna diferencia significativa.

Cuadro 12: Efecto de cuatro láminas de riego en el área foliar (m^2) en tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. *Katya*). Cañete 2016.

Tratamiento	Promedio de área foliar (m^2)
150 % de la ET_c	6.59 a*
100% de la ET_c	2.96 b
75% de la ET_c	2.75 b
50% de la ET_c	1.36 b
ANVA	*
\bar{x}	3.42
CV %	29.96

* Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%.

El tratamiento con mayor lámina de riego (150% de la ETc) presentó mayor área foliar y esto fue disminuyendo conforme la lámina de riego disminuía (Figura N° 6).

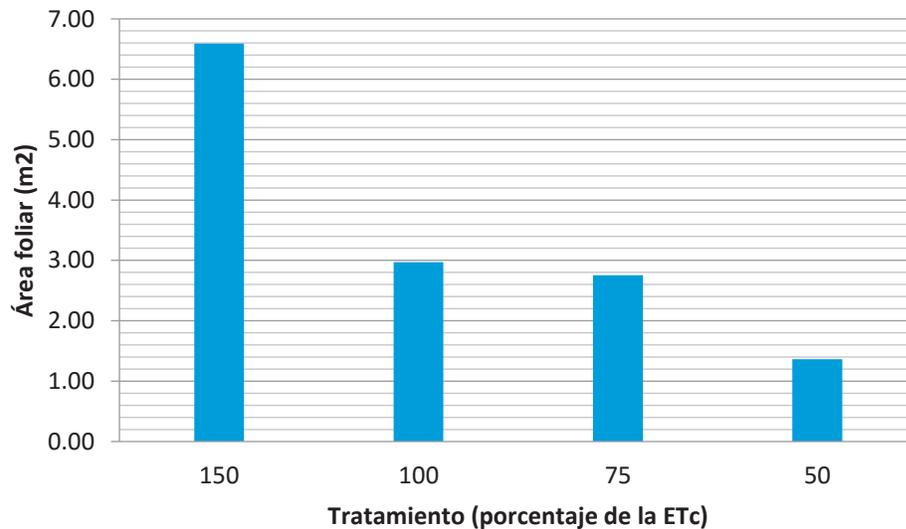


Figura 6. Distribución del área foliar de tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. *Katya*) aplicando cuatro láminas de riego. Cañete 2016

Pasquale et. al., (2012) menciona que el riego debe ser suficiente para asegurar un crecimiento rápido del follaje durante su desarrollo y gran parte del período de floración, pero no tanto como para causar un crecimiento foliar excesivo y la caída asociada de flores y frutos jóvenes. Caliman et al. (2005) considera que el aumento de la humedad del aire promueve la expansión de área foliar de tomate, contribuyendo para la ocurrencia de una mayor intersección de energía solar, dando como resultado también una mayor producción de asimilados en las plantas cultivadas en un entorno protegido y por lo tanto una mayor producción. Gonzalez-San pedro et al., (2008) menciona que el aumento del área foliar propicia un aumento en la capacidad de la planta de aprovechar la energía solar mejorando la fotosíntesis y de esta forma poder ser utilizada para generar mayor productividad.

Como se pudo observar el tratamiento con mayor lámina de riego que produjo mayor área foliar fue el que generó mayor rendimiento. Esto se pudo deber, entre uno de los factores, que a tener mayor área foliar la planta pudo realizar una mayor fotosíntesis y por ende una mayor translocación de fotosintatos hacia los frutos elevando el rendimiento de la planta.

5.4 PORCENTAJE DE MATERIA SECA

Según los resultados que se resumen en el cuadro N° 13, se observa que hubo diferencias significativas en los tratamientos de láminas de riego con respecto al porcentaje de materia seca en fruto. El tratamiento de lámina de riego con 150% de la ETc obtuvo menor porcentaje de materia seca de fruto con respecto al tratamiento de 50% de la ETc que obtuvo el mayor porcentaje de materia seca. Con el tratamiento de 100% no se encontró diferencias significativas. Entre los tratamientos de 100%, 75% y 50% no se encontró ninguna diferencia significativa así como entre los tratamientos de 150%, 100% y 75%.

Cuadro 13: Porcentaje de materia seca (%) en hoja, tallo y frutos de tomate (*Solanum lycopersicum L. cv. Katya*) empleando cuatro láminas de riego. Cañete 2016

Tratamiento	Porcentaje de materia seca		
	Hoja	Tallo	Fruto
50 % de la Etc	19.17 a	21.68 a	12.47 a
100 % de la Etc	14.85 a	19.40 b	9.37 ab
75 % de la Etc	13.49 a	18.59 b	8.26 ab
150 % de la Etc	12.63 a	15.25 c	6.01 b
ANVA	ns	*	*
\bar{x}	15.04	18.73	9.03
CV %	19.9	2.84	26.13

* Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%.

El porcentaje de materia seca del fruto fue mayor en el tratamiento de lámina de riego con 50% de la ETc y menor en el tratamiento de lámina de riego con 150% de la ETc. Bartell et al. (2010) menciona que el contenido de materia seca es sobre todo importante en las variedades destinadas a la fabricación de concentrado, debido a que este indicador determina el rendimiento de fabricación.

Tjalling (2006) nos dice que para la industria de pasta concentrada de tomate se requiere un alto nivel de materia seca lo que significa menos agua en la fruta, por lo tanto costará menos dinero para quitar esa agua en el proceso de concentración. Leoni (2002) menciona que el contenido de materia seca del fruto fresco debe oscilar entre 4.0 hasta 7.0 %.

Con respecto al porcentaje de materia seca en hojas se observa que no hubo diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos de láminas de riego. Sin embargo el tratamiento de riego con 50% de la ETc obtuvo mayor porcentaje de materia seca.

Para el porcentaje de materia seca en tallo se observa diferencias significativas en los tratamientos de láminas de riego. El tratamiento de lámina de riego con 50% de la ETc obtuvo mayor porcentaje de materia seca de tallo, en cuyo tratamiento se encontró diferencias significativas con respecto a los otros tratamientos (75%,100% y 150% de la ETc). Entre los tratamientos de 100% y 75% no se encontró diferencias. En el tratamiento de riego de 150% se encontraron diferencias significativas con respecto a los tratamientos de 100%, 75% y 50% de la ETc, siendo este tratamiento (150% de la ETc) el cual obtuvo menor porcentaje de materia seca.

5.5 CALIDAD DE LA PRODUCCIÓN

5.5.1 Calidad comercial de los frutos

En el cuadro N° 14 se muestra los porcentajes de las calidades comerciales observada en el presente ensayo (frutos de primera, segunda y tercera) para tomate de consumo fresco. Según los resultados que se observa en el cuadro N° 13, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de láminas de riego con respecto a la producción de frutos de primera (más de 100 gramos). El tratamiento de lámina de riego con 150% de la ETc produjo mayor rendimiento de primera (t/ha) con respecto a los otros tratamientos (100% ,75% y 50% de la ETc). Sin embargo solo el 16.51% del rendimiento comercial producido por este tratamiento (150% de la ETc) fue de calidad primera, siendo éste el mayor porcentaje de esta calidad producida con respecto a los demás tratamientos.

El tratamiento con mayor lámina de riego obtuvo mayor rendimiento de frutos de primera (más de 100 g) esto debido que, al tener mayor cantidad de agua disponible, la planta puede cumplir con el normal funcionamiento de sus procesos fisiológicos siendo el llenado de fruto uno de ellos. Como menciona Silber y Bar-Tal (2008), los frutos tras la aplicación de mayores cantidades de agua se favorecen, ya que hay mayor disponibilidad de nutrientes y los procesos de asimilación y translocación de asimilados hacia los frutos se realizan de forma más eficiente aumentando la masa fresca de estos.

Cuadro 14: Calidad comercial (%) en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. *Katya*) empleando cuatro láminas de riego. Cañete 2016.

Tratamiento (% de la ETc)	Rendimiento (t/ha)			
	Comercial	Fruto de primera	Fruto de segunda	Fruto de tercera
150	43.15 a* (100 %)	7.12 a* (16.51%)	19.50 a* (45.19%)	16.53 a* (38.30%)
100	21.99 b (100 %)	0.87 b (4.00%)	4.36 b (19.85%)	16.75 a (76.16%)
75	14.81 b (100%)	0.51 b (3.44%)	3.32 b (22.45%)	10.97 b (74.11%)
50	11.88 b (100%)	0.12 b (1.09%)	2.50 b (21.05%)	9.25 b (77.86%)
ANVA	*	*	*	*
\bar{x}	22.96	2.16	7.42	13.38
CV %	29.24	75.93	52.27	15.31

* Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%.

En los resultados que se muestran en el cuadro N° 14, se observa que hubo diferencias significativas entre los tratamientos de láminas de riego con respecto a la producción de frutos de segunda (50-100 gramos). El tratamiento de lámina de riego con 150% de la ETc produjo mayor rendimiento de segunda (t/ha) con respecto a los demás tratamientos (100%, 75% y 50% de la ETc). El 45.19 % de su rendimiento comercial producido por el tratamiento de riego con 150% de ETc fue de segunda, siendo esta calidad la mayor producida por este tratamiento. Como se mencionó anteriormente el agua cumple un rol muy importante en la disponibilidad y transporte de los nutrientes hacia la planta, por ende mientras más agua disponible hay un mejor llenado de frutos. Por eso se puede observar que el tratamiento de mayor lámina de riego produjo mayor rendimiento de segunda (50-100 g).

Según los resultados del cuadro N° 14, se observa que hubo diferencias significativas en los tratamientos de láminas de riego con respecto a la producción de frutos de tercera (10-50 gramos). El tratamiento de lámina de riego con 100% y 150% de la ETc produjeron mayor rendimiento de frutos de tercera (t/ha), entre los cuales no hubo diferencia significativa. Mientras si se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento de riego con 100% de la ETc y el de 75% también entre los tratamientos de 100% y 50%, 150% y 75% así como en el de 150% y 50%. Entre los tratamientos de 75% y 50%, no se encontró diferencias significativas.

Cabe mencionar que estos resultados son respecto al rendimiento de frutos de tercera producido en total, ya que el tratamiento de riego con 150% al tener un mayor rendimiento en general, produjo un mayor rendimiento en casi todas las categorías, pero solo el 38.3 % de su rendimiento comercial fue de tercera (figura N° 7), es decir este tratamiento produjo una menor proporción de frutos de tercera respecto a su rendimiento comercial. Caso contrario fue el de los otros tratamientos donde la calidad de tercera predominó en su rendimiento comercial. El tratamiento de riego con 50% de la ETc obtuvo un 77.86% de rendimiento de tercera con respecto a su rendimiento comercial. El tratamiento de riego con 75% de la ETc obtuvo 56.92% con respecto a su total, el de 50% obtuvo 51.56% con respecto a su total y el de 150% obtuvo 33.45% con respecto a su total.

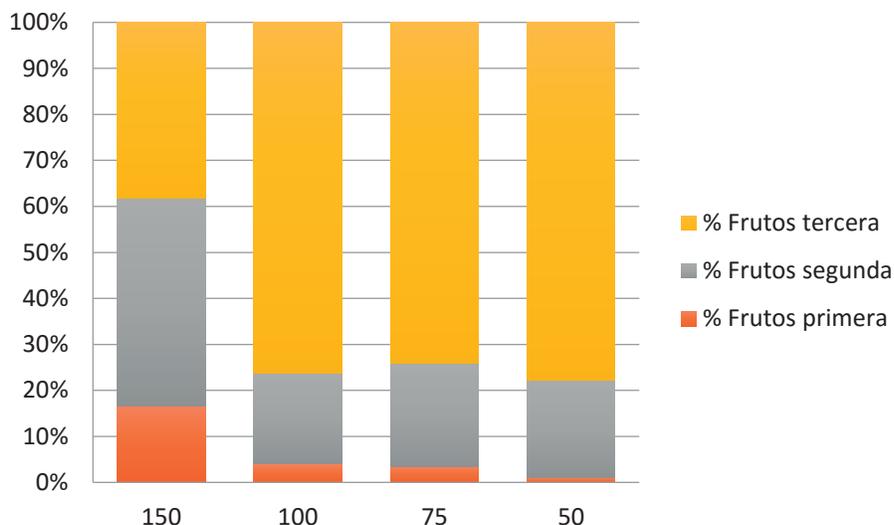


Figura 7. Porcentaje de la calidad comercial en tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. *Katya*) por cada lámina de riego aplicada. Cañete 2016

5.1.2 Calidad No comercial de los frutos

Para este ensayo, dentro de la calidad no comercial, se consideró dos categorías: Frutos con daños de plagas y/o enfermedades y frutos con pudrición apical. Según los resultados del cuadro N° 15, se observa que hubo diferencias significativas en los tratamientos de láminas de riego con respecto a la producción de frutos con pudrición apical. El tratamiento de lámina de riego con 50% de la ETc fue el tratamiento que produjo mayor rendimiento con pudrición apical, pero solo se encontró diferencias significativas con respecto al de 100% y al de 150% que fue el que produjo menos. Entre los tratamientos de 150 y 100% no se encontraron diferencia significativas así como entre los tratamientos de 50 y 75%. El 61.72 % del rendimiento no comercial producido por el tratamiento de lámina de riego con 50% de la ETc fue de pudrición apical, siendo el mayor porcentaje respecto a los demás tratamientos, este porcentaje fue disminuyendo a medida que la lámina de riego fue mayor.

Cuadro 15: Calidad no comercial (%) en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. *Katya*) empleando cuatro láminas de riego. Cañete 2016.

Tratamiento (% de la ETc)	Rendimiento (t/ha)	Fruto con pudrición apical	Fruto con plagas y/o enfermedades
150	6.26 a* (100%)	0.93 b* (14.86%)	5.33 a* (85.14%)
100	5.24 a (100%)	1.91 b (36.45%)	3.32 b (63.36%)
75	4.47 a (100%)	2.03 ab (45.41%)	2.44 b (54.59%)
50	6.06 a (100%)	3.74 a (61.72%)	2.32 b (38.28%)
ANVA	ns	*	*
\bar{x}	5.51	2.15	3.35
CV %	19.28	11.57	21.85

* Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%.

Uno de los principales problemas en la producción de tomate, en campo abierto o en invernadero, es la pudrición apical del fruto asociada con la deficiencia de calcio. Esta condición se presenta cuando existe baja humedad relativa, en combinación con alta temperatura del aire y del suelo, incrementando la evapotranspiración y promoviendo un vigoroso crecimiento de la planta y el fruto y una mayor demanda de nutrientes. Este problema de deficiencia de calcio está asociado a la concentración de sales que poseen estos suelos, ya que el calcio se precipita junto a otros elementos dejando de ser disponibles para las plantas (Matos, 2012).

La pudrición apical o Blossom end root conocida también como “poto negro” se genera por la deficiencia de calcio en las paredes apicales del fruto como se menciona anteriormente. El calcio por ser un elemento poco móvil dentro de la planta requiere de suficiente agua para movilizarse a través del xilema dentro de la planta y más aún para llegar al fruto, por eso el tratamiento de riego con menos agua (50% de la ET_c) produjo mayor rendimiento con pudrición apical, siendo este el mayor problema que tuvo este tratamiento.

Según los resultados del cuadro N° 15, se observa que hubo diferencias significativas en los tratamientos de láminas de riego con respecto a la producción de frutos con plagas y/o enfermedades. El tratamiento de lámina de riego con 150% de la ET_c produjo mayor rendimiento de frutos con plagas y/o enfermedades con respecto a los otros tratamientos (100%,75% y 50% de la ET_c). Entre los tratamientos de riego con 100%,75% y 50% de la

ETc no se encontraron diferencias significativas. El 85.14% del rendimiento total no comercial producido por el tratamiento de riego con 150% de la ETc fue con daños de plagas y/o enfermedades, siendo éste su mayor problema (Figura N° 8).

Al respecto Cisneros (2010), menciona La influencia del riego y la fertilización también puede darse a través de la planta. En la mayoría de los cultivos, un exceso de riego o fertilización nitrogenada, produce plantas con excesivo follaje succulento, que favorece el desarrollo de numerosas plagas, particularmente gusanos del follaje. El riego y la fertilización deben ser balanceadas para tener una planta vigorosa pero no muy succulenta.

El tratamiento de riego con 150% de la ETc tuvo mayor rendimiento de frutos con daño de plagas y/o enfermedades por el exceso de follaje succulento favoreciendo una mayor incidencia de plagas y generando un microclima más húmedo para el desarrollo de hongos.

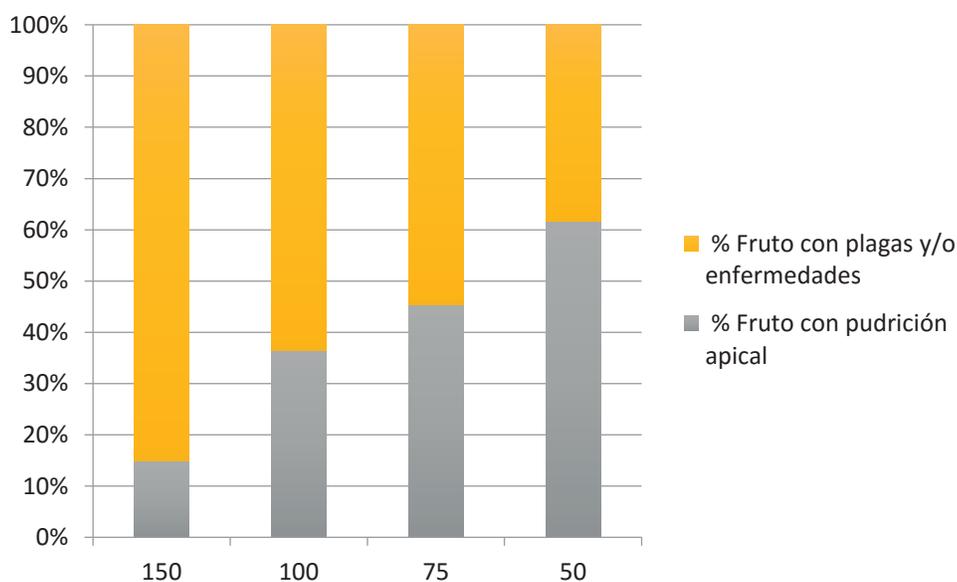


Figura 8. Porcentaje de la calidad no comercial en tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. *Katya*) por cada lámina de riego aplicada. Cañete 2016

5.6 CALIDAD DE FRUTOS

Para este ensayo se consideró peso promedio de fruto, diámetro ecuatorial y polar, dureza, porcentaje de sólidos solubles y ácido cítrico como parámetros de calidad de frutos, cuyos resultados se muestran en el cuadro N° 16.

Cuadro 16: Calidad del fruto en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. *Katya*) empleando cuatro láminas de riego. Cañete 2016.

Tratamiento (porcentaje de la Etc)	Peso promedio (g)	Diámetro polar (mm)	Diámetro ecuatorial (mm)	Resistencia o dureza (kgf)	Porcentaje de sólidos solubles	Porcentaje ácido cítrico
150	108.26 a*	73.57 a*	51.80 a*	3.95 a*	9.28 a*	0.62 a*
100	80.24 b	66.88 ab	45.30 ab	3.71 a	8.85 a	0.6 a
75	69.50 b	64.03 b	43.89 b	3.62 a	7.8 ab	0.48 ab
50	65.02 b	62.36 b	42.10 b	3.43 a	6.25 b	0.4 b
ANVA	*	*	*	ns	*	*
\bar{X}	80.76	66.71	45.77	3.68	8.05	0.53
CV%	9.9	5.23	7.04	9.53	7.91	15.54

* Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%.

5.6.1 Peso promedio del fruto

En el cuadro N° 16 se observa que hubo diferencias significativas en los tratamientos evaluados respecto al peso promedio del fruto. El tratamiento de lámina de riego con 150% de la ETc obtuvo mayor peso promedio por fruto con respecto a los demás tratamientos (100%, 75% y 50% de la ETc). En los demás tratamientos no se encontró ninguna diferencia significativa.

Como menciona Silber y Bar-Tal (2008), los frutos tras la aplicación de mayores cantidades de agua se favorecen, ya que hay mayor disponibilidad de nutrientes y los procesos de asimilación y translocación de asimilados hacia los frutos se realizan de forma más eficiente aumentando la masa fresca de estos. Esto explica porque los frutos del tratamiento con mayor lámina de riego son más pesados.

5.6.2 Diámetro polar del fruto

En el cuadro N° 16 se observa que hubo diferencias significativas en los tratamientos evaluados respecto al diámetro polar del fruto. El tratamiento de lámina de riego con 150% de la ETc obtuvo mayor diámetro polar con respecto a los tratamientos de 75% y 50% de la ETc. Con el tratamiento de 100% no se encontró diferencias significativas. Entre los tratamientos de 100%, 75% y 50% no hubo tampoco ninguna diferencia significativa.

Se pudo notar que los frutos del tratamiento de riego con 150% y 100% no solo tuvieron más peso sino también fueron más grandes, esto por la mayor cantidad de fotosintatos que obtienen como menciona Silber y Bar-Tal (2008), a diferencia de los tratamientos de menos agua.

5.6.3 Diámetro ecuatorial

En el cuadro N° 16 se observa que hubo diferencias significativas en los tratamientos evaluados respecto al diámetro ecuatorial del fruto. El tratamiento de lámina de riego con 150% de la ETc obtuvo mayor diámetro ecuatorial con respecto a los tratamientos de 75% y 50% de la ETc. Con el tratamiento de 100% no se encontró diferencias significativas. Entre

los tratamientos de 100%, 75% y 50% no se encontró ninguna diferencia significativa. Similar al caso del diámetro polar, el crecimiento del fruto en su diámetro ecuatorial también se vio favorecido por el tratamiento con mayor lámina de riego, a diferencia de los que se tuvieron menor lamina de riego.

5.6.4 Dureza

En el cuadro N° 16 se observa que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados respecto a la dureza del fruto. Cabe resaltar que a pesar que no se encontró diferencias significativas los tratamientos con menos agua presentaron una ligera mayor resistencia de los que tuvieron más agua. Los frutos de tomate están compuestos predominantemente por células de parénquima y microfibrillas de células suspendidas en una matriz de glicoproteínas, agua, pectina y polisacáridos de hemicelulosa (Redgwell y Fischer, 2002; Scheible y Pauly, 2004). Estos compuestos le confieren consistencia a los tejidos y con ellos adquieren una mayor resistencia al penetrómetro por ende una vez alcanzada la madurez fisiológica estos compuestos ya encuentra totalmente formados y el contenido de agua en la lámina de riego no influye en estos compuestos en el fruto. Resultados similares encontraron Ortega et al., (2003) donde no encontraron diferencias significativas con respecto a la dureza del fruto en sus tratamientos de riego.

5.6.5 Porcentaje de sólidos solubles

En el cuadro N° 16 se observa que hubo diferencias significativas en los tratamientos evaluados respecto al porcentaje de sólidos solubles. El tratamiento de lámina de riego con 150% de la ETc obtuvo el menor porcentaje de sólidos solubles con respecto a los tratamientos de 75% y 50% de la ETc cuyos porcentajes de sólidos solubles fueron los más altos. Con el tratamiento de 100% no se encontró diferencias significativas. Entre los tratamientos de 100%, 75% y 50% no se encontró ninguna diferencia significativa.

Al respecto, Sanders et al. (1989) y Adams (1990), encontraron que restricciones de agua a plantas de tomate reducen el contenido de agua en frutos, pero incrementan el contenido de sólidos solubles, azúcar, acidez total (expresado como ácido cítrico) y potasio. Eso se pudo

observar en los tratamientos de menos agua de riego que obtuvieron mayor porcentaje de grados brix y esto fue disminuyendo a medida que fue aumentando la lámina de riego.

La FAO (2010), indica que el contenido de sólidos solubles en el jugo de las variedades más utilizadas puede variar entre 4.2 y 5.5 %. Las fábricas requieren una calidad mínima para el procesamiento de tomates sin embargo prefieren tomates con un porcentaje de sólidos solubles ligeramente altos (Tjalling, 2006). Bartell et al. (2010), señalan que existen diferentes parámetros o indicadores, que determinan la calidad interna de frutos de tomate para la industria y dentro de ellos, está el contenido en sólidos solubles totales (expresado en grados Brix). En la mayor parte de las variedades, este indicador se sitúa entre 4,5 y 7,5 grados Brix y puede estar influenciado por otros factores como, el clima, el riego, el estado de madurez de los frutos y otros. Para el caso del puré, las pastas y concentrados de tomate este parámetro oscila entre 5 y 18 grados Brix.

5.6.6 Porcentaje de ácido cítrico

En el cuadro N° 16 se observa que hubo diferencias significativas en los tratamientos evaluados respecto al porcentaje de ácido cítrico. El tratamiento de lámina de riego con 150% de la ETc obtuvo el menor porcentaje de ácido cítrico con respecto a los tratamientos de 75% y 50% de la ETc cuyos porcentajes de acidez cítrico fueron los más altos. Con el tratamiento de 100% no se encontró diferencias significativas. Entre los tratamientos de 100%, 75% y 50% no se encontró ninguna diferencia significativa.

Bartell *et al.* (2010), señalan que existen diferentes parámetros o indicadores, que determinan la calidad interna de frutos de tomate para la industria a parte del porcentaje de sólidos solubles también el porcentaje de ácido cítrico es un parámetro muy importante en el cual el zumo se sitúa normalmente entre 0.4 y 0.44.

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se llevaron a cabo este ensayo se puede concluir lo siguiente:

1. Las láminas de riego evaluadas influyeron significativamente en el rendimiento del tomate. La lámina de riego con 150% de la ETc mostró el mayor rendimiento (49.41 t/ha) a diferencia de los tratamientos con 100% de la ETc (27.23 t/ha), 75% de la ETc (19.28 t/ha) y 50% de la ETc (17.94 t/ha).
2. El número de frutos producidos también se vio afectado por las láminas de riego. Se obtuvieron más frutos con el tratamiento de riego con 150% de la ETc que produjo el mayor número de frutos (647133 frutos/ha) a diferencia de los tratamientos de 100% de la ETc (447578 frutos/ha), 75% de la ETc (346510 frutos/ha) y 50% de la ETc (334079 frutos/ha).
3. Empleando la lámina de riego con 150% de la ETc se produjo mayor rendimiento de primera (7.12 t/ha) y de segunda (19.50 t/ha) con respecto a los tratamientos de 100% de la ETc (0.87 y 4.36 t/ha), 75% de la ETc (0.51 y 3.32 t/ha) y 50% de la ETc (0.12 y 2.50 t/ha) respectivamente. El tratamiento de 100% produjo mayor rendimiento de tercera (16.75 t/ha, 76.16%) junto con el tratamiento de 150% (16.53 t/ha), sin embargo, esto solo fue el 38.3% de su rendimiento total comercial, es decir fue el tratamiento que produjo menor proporción de calidad de tercera. Luego está el tratamiento de 75% (10.97 t/ha, 74.11%) y por último el tratamiento de 50% (9.25 t/ha, 77.86%).
4. Los tratamientos con diferentes láminas de riego no influyeron en la producción de descarte. Sin embargo, las plantas con el tratamiento de riego con 50% de la ETc produjo mayor rendimiento en este rubro, con un 33.78% de su rendimiento total. Este porcentaje fue disminuyendo a medida que la lámina de riego fue mayor.
5. Se observó una mayor producción de frutos con pudrición apical (3.74 t/ha) con la menor lámina de riego aplicada (50% de la ETc), significativamente superior a lo observado a los otros tratamientos. Este problema fue disminuyendo a medida que la lámina de riego se incrementaba.

6. Los tratamientos con diferentes láminas de riego influyeron significativamente en los parámetros de calidad del fruto como peso promedio, diámetro polar y ecuatorial del fruto, porcentaje de sólidos solubles y porcentaje de ácido cítrico.
7. La variable dureza de fruto no se vio afectada por las láminas de riego evaluadas.
8. Los tratamientos con diferentes láminas de riego influyeron significativamente en el número de flores producidas. Las plantas con el tratamiento de riego con 50% y 75% de la ETc produjeron menos flores que el tratamiento de riego con 100% de la ETc y a su vez éste produjo menos flores que el tratamiento con 150% de la ETc cuyas plantas produjeron mayor número de flores.
9. El porcentaje de materia seca se vio afectada por las láminas de riego. La lámina de riego de 50% de la ETc mostró frutos y tallos con mayor porcentaje de materia seca, esto fue disminuyendo a medida que fue aumentando la lámina de riego. La lámina de riego con 150% de la ETc produjeron frutos y tallo con bajo porcentaje de materia seca. Con respecto al porcentaje de materia seca de las hojas los tratamientos con diferentes láminas de riego no influyeron significativamente.
10. Los tratamientos con diferentes láminas de riego influyeron significativamente en el área foliar producida por la planta de tomate. La planta con el tratamiento de riego con 150% de la ETc produjo mayor área foliar que los demás tratamientos. El área foliar fue disminuyendo a menor lámina de riego aplicada. Por lo que encontramos una relación directa.

VI. RECOMENDACIONES

1. Considerando los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo y bajo las mismas condiciones, se recomienda utilizar riegos con 150% de la ETc si los frutos serán destinados para un mercado en fresco y 100% de la ETc si van para la industria.
2. Realizar el estudio de las curvas de humedad en el suelo y demás procesos que ocurren en la interacción suelo-agua así como realizar otros ensayos variando las láminas y frecuencias de riego.
3. Evaluar el rendimiento en las cuatro láminas de riego de tomate (*solanum lycopersicum* L. cv. *katya*) bajo condiciones de Cañete pero en otras épocas del año como en otras condiciones.
4. Evaluar los diferentes cultivares que se viene introduciendo al mercado, para probar su rendimiento y calidad según las láminas de riego.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- ABD-ALLAH, E.F., HASHEM, A., AL-HUQAIL, A. 2011. Biological based strategies to reduce postharvest losses of tomato. *African Journal of Biotechnology*, 10(32):6040-6044.
- ADAMS, P. 1990. Effects of watering on the yield, quality and composition of tomatoes grown in bags of peat. *J. Hortic. Sci.* 65:667-674.
- AGARWALL, S., AND V. A. RAO. 2000. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *Canadian Medical Association journal* 163: 739-744
- AGUILERA C. M. Y E. R. MARTÍNEZ. 1996. Relaciones agua suelo planta atmósfera. Universidad Autónoma Chapingo. México. 256 p.
- ALCÁNTAR, G. 2009. Nutrición de cultivos. Ed. Mundi – Prensa. México. 438 p.
- ALLEN R. G., M. SMITH, L. S PEREIRA Y W. O. PRUITT. 1997. Proposed revision to the FAO procedure for estimating crop water requirements. In: Chantzoulakes, K. S. (ed.). Proc. 2nd. Int. Sym. on Irrigation of Horticultural Crops, ISHS, Acta Hort. Vol. I: 17-33.
- ALLEN, R.G., L.S. PEREIRA, D. RAES, M. SMITH. 2006. Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements, FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 92-5-104219-5.
- ALVES, I. L. 1995. Modelling crop evapotranspiration. Canopy and aerodynamic resistances. Ph.D. Dissertation, ISA, Univ. Tec. Lisboa.

- ALVIN, P. de T. 1977. Cacao. Ecophysiology of tropical crops. Ed. by P.T, Alvin; T.T, Kozlowski. New York. Academic press. P. 279-313.

- ANDA, A. 1994. Problem in lysimeter use for water demand determination in sugarbeet. ICID, 17th regional Conf. Bulgaria. vol 1, pp. 77-82.

- ANTÓN, A. 2002. El control del clima en los cultivos intensivos: del parral a los invernaderos modernos. Fórum Internacional de Tecnología Hortícola. (FITECH VI). Almería, España.

- APS. 1991. Compendium of tomato Diseases. Edited by: Jones, J. Stall, R. and Zitter, t. the american phtopathological society. APS. Press. 73 p.

- BAEZ, L. y ALCARAZ, G. 2013. Importancia del agua en la agricultura. DiarioABC digital. Paraguay.

- BALDWIN, E.A., GOODNER, K., PLOTTO, A. 2008. Interaction of volatiles, sugars, and acids on perception of tomato aroma and flavor descriptors. Journal of Food Science, 73:S294–307.

- BARTELL, D.M., BEAULIEU, J.C., SHEWFELT, R. 2010. Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing. Crit. Rev. Food Sci., 50: 369-389.

- BASTIAANSEN, W.G.M. 1995. Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain. Doctoral thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, Países Bajos, 273 pp.

- BEAR, F; 1963. Suelos y Fertilizantes. Barcelona, España.

- BEUTNER, S., B. BLOEDORN, S. FRIXEL, I. H. BLANCO, T. HOFFMAN, AND H. MARTIN. 2001. Quantitative assessment of antioxidant properties of natural colorants and phytochemicals: carotenoids, flavonoids, phenols and indigoids. The role of β -carotene in antioxidant functions. *Journal of the science of Food and Agriculture* 81: 559-568.

- BOLAÑO, E. 1997. Determinación de los niveles de daño económico de *Bemisia tabaci* en tomate en el norte de Cesar, Colombia. *Manejo Integrado de plagas. Costa Rica.* 46: 26-33

- BROWN, J., FROHLICH, D. AND ROSELL, R. 1995. The sweetpotato or silverleaf whiteflies: Biotypes of *Bemisia tabaci* or species complex. *Ann. Rev. Entomol.* 40: 511-534.

- CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; FONTES, P. C. R.; STRINGHETA, P. C.; MOREIRA, G. R.; CARDOSO, A. A. 2005. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. *Horticultura Brasileira*, v.23, p.5068-5074.

- CANNEL. G.H.; BINGHAM, F.T. Y GARBER. M. J. 1960. Effects of irrigation and phosphorus on vegetative growth and nutrient composition of tomato leaves. *Soil Science* 89: 53-600

- CASANOVA, A.S., GÓMEZ O., PUPO, F., HERNÁNDEZ, M., CHAILLOUX, M., DEPESTRE, T., HERNÁNDEZ, J.C., MORENO, V., LEÓN, M., IGARZA, A., DUARTE, C., JIMÉNEZ, I., SANTOS, R., NAVARRO, A., MARRERO, A., CARDOZA, O., PIÑEIRO, F., AROZARENA, N., VILLARINO, L., HERNÁNDEZ, M.T., SALGADO, J.M., SOCORRO, A., CAÑET, F., RODRÍGUEZ, A., OSUNA, A.

2007. Producción protegida de plántulas de tomate. Manual para la producción protegida de hortalizas. Ministerio de la Agricultura. IIH “Liliana Dimitrova”, La Habana, Cuba. 138 pp.
- CASAS, A. 1979. Inter-relación entre control de malezas y fertilización en el cultivo de tomate. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. Universidad nacional agraria la molina. Lima, Perú. 106 p.
 - CÁSSERES, E. 1980. Producción de hortalizas. Instituto Interamericano de ciencias Agrícolas. San José - Costa Rica. 387 p.
 - CASTAGNINO, A. 2008. Manual de Cultivos Hortícolas innovadores. 1ra Edición. Editorial Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires, Argentina. 356 p.
 - CASTAÑOS J. 1993. Horticultura. Manejo Simplificado. ed. UACH. Chapingo, México. pp: 38-227.
 - COX, S. 2001. Lycopene Analysis and horticultural attributes of tomatoes. MS Thesis. Colorado State University.
 - CROZIER, A., M. E. J. LEAN, M. S. MCDONAL, AND C. BLACK. 1997. Quantitative analysis of the flavonoid content of commercial tomatoes, onions, lettuce, and celery. Journal Agricultural Food and Chemistry 45: 590-595.
 - DIAZ, F. Y TERNERO, L. 1998. Plagas insectiles en cultivos comerciales y experimentales de tomate en la costa norte durante el periodo 1992-1998. XI Convención Nacional de Entomología Resúmenes. Lima, Perú. 83 p.

- DIELEMAN, J. AND HEUVELINK, E. 1992. Factors affecting the number of leaves preceding the first inflorescence in the tomato. *Journal of horticultural. Science* 67:1-10.
- DOORENBOS, J. Y KASSAM, A.H. 1979. Respuesta del rendimiento al agua. Estudio FAO: Riego y drenaje N° 33. Roma, FAO.
- DOORENBOS, J. Y PRUITT, W.O. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper n° 24, pág. 179.
- ECHEGARAY, J. 2000. Epidemiología y manejo de enfermedades virales del tabaco en Perú. Monografía para optar el título de ingeniero agrónomo. Universidad nacional agraria la Molina. Lima, Perú. 29 p.
- FAO. 1977. Irrigation and Drainage Paper. Crop Evapotranspiration. USA. 326 p.
- FAO. 2006. Riego y, drenaje. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO. N°65. Roma. Italia.
- FERNÁNDEZ MA D., F. ORGAZ, E. FERERES, J. C. LÓPEZ A. CÉSPEDES, J. PÉREZ, S. BONACHELA, M. GALLARDO. 2006. Programación del Riego en los cultivos hortícolas bajo invernadero en el sudeste español. CAJA MAR (Caja Rural de Almería y Málaga) España. 70 pp.
- FERNÁNDEZ SANTAMARÍA, J. (1999). Variedades locales y producción ecológica. *En Savia* 7. 16-24.
- FERNÁNDEZ, M. 1995. Los virus patógenos de las plantas y su control. 4° Edición. Tomo II. Argentina. 1277 p.

- FERNÁNDEZ-NORTHOCOTE, E. AND FULTON, R. 1980. Detection and characterization of Perú tomato virus strains infecting pepper and tomato in Perú. *Phytopathology* 70: 315-320.

- FERNÁNDEZ-NORTHOCOTE, E., RAMIREZ, E. Y LUCICH, L. 1976. El mosaico del tomate en la costa del Perú producido por cinco "strains" (variantes) del virus mosaico del tabaco. *Fitopatología* 11(2): 72-84.

- FRUSCIANTE, L., CARLI, P., ERCOLANO, M.R, PERNICE, R., DI-MATTEO, A., FOGLIANO, V., PELLEGRINI, N. 2007. Antioxidant nutritional quality of tomato. *Mol Nutr.Food Chemistry*, 51: 7962-7968.

- GAHLER, S., K. OTTO, V. BOHM. 2003. Alterations of vitamin C, total phenolics and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 7962-7968

- GEORGE, R. 1999. Producción de semillas hortícolas. Ed. Mundi-prensa. Madrid, España. 173, 213-238 pp.

- GÓMEZ, O., CASANOVA, A., CARDOZA, H., PIÑEIRO, F., HERNÁNDEZ, JC., MURGUIDO, C., LEÓN, M., HERNÁNDEZ, A. 2010. Guía Técnica para la producción del cultivo del tomate. Editora Agroecología. Biblioteca ACTAF. IIH "Liliana Dimitrova", La Habana, Cuba.

- GONZALEZ-SAN PEDRO, M. C.; TOAN, T. LE; MORENO, J.; KERGOAT, L.; RUBIO, E. 2008. Seasonal variations of leaf area index of agricultural fields retrieved from Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, v.112, p.810-824.

- GREBET, P. Y R.H. CUENCA. 1991. History of lysimeter design and effects of environmental disturbances. in Allen, R.G., Howell, T.A., Pruitt, W.O., Walter, I.A., y Jensen, M.E. (Editors), Lysimeters for Evapotranspiration and Environmental Measurements, ASCE, New York, Estados Unidos de América, p. 10-18.
- GUENKOV, G. 1966. Fundamentos de la horticultura cubana. Ediciones ciencia y técnica. Instituto del libro. La Habana, Cuba. 110-130 pp.
- GUROVICH, L. 1985. Fundamentos y diseño de sistemas de riego. Serie de libros y material educativo. San José – Costa Rica. 433 p.
- HAGAN. R.N. 1965. Plant wáter relatione. Iirgations management and crop yield. Expl. Agric.161-177
- HUERRES, P. CARABALLO, N. 1988. Horticultura. Ed. Pueblo y educación. La Habana, Cuba. 4-16 pág.
- JACOB, A. y VEXKUL, V. 1973. Fertilización, nutrición y abonamiento de los cultivos tropicales. Ed. Euroamericanas. 4ta. Edición. Barcelona.
- JANICK, J. (1965). Horticultura Científica e Industrial. Editorial Acriba. Barcelona-España.553 Pág.
- JARAMILLO, J., RODRÍGUEZ, V., GUZMÁN, M., ZAPATA, M., RENGIFO, T. 2007. Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de tomate bajo condiciones protegidas. Manual Técnico. Tampillo, México. 122 pp.

- JENSEN, M.E.1991.Lysimeters for Evapotranspiration and Environmental Measurements, ASCE, New York, Estados Unidos de América, p. 10-18.
- JUSCAFRESCA, B (1963). Como cultivar Fresas, Fresones y Tomates. Editorial Aedos. Barcelona – España.533Pag.
- KADER, A. A. 2002. Modified atmospheres during transport and storage. In: Postharvest Technology of Horticultural Crops (A.A. Kader ed.). University of California, Agriculture and Natural Resources. Oakland, California, USA.
- KADER, A. A. 2007. Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas. Universidad de California, Davis, California, EE.UU.
- KADER, A. A. 2008. Perspective. Flavor quality of fruits and vegetables. Journal Sci. Food Agric., 88:1863-1868.
- KAUR, C AND H. KAPOOR. 2001. Antioxidants in fruits and vegetables-the Millennium's health. International Journal of Food Science and Technology 36: 703-725
- KLEE, H.J., GIOVANNONI, J.J. 2011. Genetics and control of tomato fruit ripening and quality attributes. Annual Reviews of Genetics, 45:41-59.
- KLEE, H.J., TIEMAN, D.M. 2013. Genetic Challenges of flavor improvent in tomato. Trends in Genetics, 29 (4):257-262.
- KOICHI NUMATA, KEISHIRO ITAGAKI. 2001 Estudio sobre el caso de la producción creciente del tomate en los desiertos mediante el sistema agrario con poco insumo: desafíos en la zona costera del Perú artículo científico Perú 9 p.
- LA TORRE, B. 1990. Plagas de las hortalizas. Manual de manejo integrado. FAO. Santiago, Chile. 520 p.

- LEÑANO, F. 1978. Hortalizas de fruto cómo, dónde, cuándo. Manual de cultivo moderno. Editorial De Vicchi, S. A. Barcelona – España. 165 p.
- LEONI, C. 2002. Improving the nutritional quality of processed fruit and vegetables: the case of tomatoes. En: Jorgen, W.M.F.,ed. Fruit and vegetable processing - improving quality, Woodhead Publishing y CRC Press LLC.
- LÓPEZ, J. 2000. Informe Anteproyecto de Plan Hidrológico Nacional. Ministerio de Medio Ambiente..
- MACIAS, R. 2002. Estimación de la evapotranspiración de cultivo y requerimientos hídricos del tomate (*Solanum lycopersicum* Mill. cv. El Cid) en invernadero. Requisito parcial para obtener el grado de maestro en ciencias. México.
- MAGCr. 1991 Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica.
- MANJARREZ, J. 1980. Riegos. El cultivo del tomate para consumo fresco en el valle de Culiacán. CEVAS-CIAPAN-SARH.
- MAROTO, J.V. 2000. Horticultura Herbácea Especial (4º ed.). Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- MAROTO, J.V. 2002. Horticultura herbácea especial. 5ta Edición. Ediciones Multi – Prensa. Madrid - España. 702 p.

- MATOS CARMEN. 2012. Tesis para optar título de ingeniero agrónomo: “Efecto de cuatro niveles de calcio en la pudrición apical del fruto de tomate (*Lycopersicum esculentum* mill) var. Lia". Tacna-Perú.

- MEDINA, S. 1997. Riego por goteo. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid – España. 302 p.

- MEDRANO, H. BOTA, J. CIFRE, J. FLEXAS, J. RIBAS-CARBÓ, M. Y GULÍAS, J. 2007. Eficiencia en el uso del agua por las plantas. Grup de Biologia de les plantes en condicions mediterrànies Departament de Biologia Universitat de les Illes Balears-IMEDEA Investigaciones Geográficas, nº 43. pp. 63-84 ISSN: 0213-4691.

- MELGAR, R. y DÍAZ, M. 2008. La fertilización de cultivos y pasturas. Segunda edición. Editorial Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires – Argentina. 569 p.

- MENEZES, J. 1992. Producción de tomate en America latina y el caribe. 173-218 pp. En: Izquierdo, j., Paltrinieri, G. y Arias, C. (Ed.). Producción, poscosecha, procesamiento y comercialización de ajo, cebolla y tomate. FAO. Santiago, Chile. 413 p.

- MESSIAEN, C., BLANCARD, D., ROUXEL, D. y LAFON, R. 1995. Enfermedades de las hortalizas. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid – España. 576 p.

- MONTOYA, E. 1970. Efecto de cuatro frecuencias de riego sobre el rendimiento en tomate. Tesis UNALM Perú. 48 pp

- NUEZ, F. 1995. El cultivo del tomate. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

- NUEZ, F. PROHENS, J. Y BLANCA J. M. 2004. Relationships, origin, and diversity of Galapagos tomatoes: implications for the conservation of natural populations. *American journal of Botany*. 2004; 91:86-99.

- ORTEGA, S., MÁRQUEZ, J., VALDÉS, H. Y PAILLÁN H. 2001. Efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill., cv. FA-144) de invernadero producido en otoño. *Agric. Téc. Chile*. 61:479-487.

- ORTEGA, S. LEYTON, B. VALDÉS, H. Y PAILLÁN, H. 2003. Efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomates de invernadero (*Lycopersicon esculentum* Mill., cv *Presto*.) Producido en primavera verano. *Agric. Téc., Chillán*. v. 63. n. 4. p. 394-402.

- OVERSEAS DEVELOPMENT ADMINISTRATION. 1983. Pest control in tropical tomatoes. Center for overseas pest research. London. 130 p.

- PAMPLONA, J. 1995. Alimentos que curan. Editorial Safeliz S.L. Madrid – España. 92 p.

- PANIZO, C. 1998. Estrategias para el manejo integrado de las enfermedades de hortalizas. 191-209 pp. En: Vallejos, D. y Jimenez, A. (Ed). Estrategias para el manejo integrado de enfermedades de cultivos. Universidad nacional pedro Ruiz gallo. Chiclayo, Perú. 237 p.

- PASQUALE, M. 2013. Respuesta del rendimiento al agua: función original de producción del agua de la FAO. Roma Italia.

- PASQUALE, M. RAES, D. HSIAO, T. FERERES, E. 2012. AquaCrop: conceptos, fundamento y funcionamiento. Roma Italia.

- PERALTA, I.E. Y SPOONEER, D.M. 2007. History, origin and early cultivation of tomato (solanaceae). En: Razdan, M. K. AND Mattoo, A. K. editors. Genetic improvement of Solanaceous crops, vol. 2. Enfield, USA: Science Publishers. P. 1-27.

- PERALTA, I.E. Y SPOONER, D.M. 2005. Morphological characterization and relationships of wild tomatoes (solanum L. section Lycopersicon) Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot Gard. 104:227-257.

- PERALTA, I.E., KNAPP, S. Y SPOONEER, D.M. 2006. Nomenclature fr wild and cultivated tomatoes. Rep. Tomato Genet. Coop. 56: 6-12.

- PILA, N., GOL, N.B., RAO, T.V.R. 2010. Effect of postharvest treatments on physicochemical characteristics and shelf life of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits during storage. Am. Eurasian J. Agric. Environ. Sci., 9:470-479.

- RAO, A.V, M. R. RAY, L. G. RAO. 2006. Lycopene. Advances in Food and nutrition Research 51: 99-164.

- REDGWELL, R.J. Y M. FISCHER. 2002. Fruit texture, cell wall metabolism and consumer perceptions. pp. 46-88. En: Knee, M. (ed.). Fruit quality and its biological basis. Sheffield Academic Press, Sheffield.

- RESH, H. 1993. Cultivos hidropónicos. Nuevas técnicas de producción. Trad. J. Santos Caffarena, José. Ed. Mundi-Prensa. 3ª edición. Madrid, España. 369 p.

- RICHARDSON, R.W. Y O.H. BRAUER. S/F. 1987. El tomate, indicaciones generales para su cultivo. Programa Agrícola Cooperativo de la Secretaría de Agricultura y Ganadería de México y la Fundación Rockefeller.
- RODRIGUEZ, P.1999. Geminivirus. 131-133 pp. En: Docampo, D. y Lenardon, S. (Ed.). Métodos para detectar patógenos sistémicos. Instituto de Fitopatología y Fisiología Vegetal. Córdoba, Argentina. 178 p.
- RODRÍGUEZ, R., R. M. TABARES J., Y A. MEDINA J. 1997. 2da edición. Cultivo Moderno de Tomate. Mundi-Prensa, México. pp: 15-21.
- SALDAÑA, H. 2002. Estrategia de manejo integrado de plagas en el cultivo industrial de tomate (*Lycopersicum esculentum Mill.*), en el valle de Barranca-Lima, Perú presentado para optar el grado de Magister Agriculturae.
- SALUNKHE, D. and KADAM, S. 1998. Handbook of vegetable science and technology: production, composition, storage, and processing. Marcel Dekker. New York. 721 p.
- SANCHEZ, G. Y VERGARA, C. 1998. Plagas de hortalizas. Departamento de Entomología y Fitopatología. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 269p.
- SÁNCHEZ, G. y VERGARA, C. 2009. Manual de prácticas de Entomología Agrícola. Departamento de Entomología y Fitopatología Facultad de Agronomía. UNA La Molina. Quinta edición. Lima – Perú.
- SANDERS, D., T. HOWELL, M. HILE, L. HODGES, D. MEEK, AND C. PHENE. 1989. Yield and quality of processing tomatoes in response to irrigation rate and schedule. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 114:904-908.

- SANTA OLALLA, F., J. A, DE JUAN VALERO. 1993. Agronomía del riego. Ed. Mundi-prensa. Madrid, pág. 732.

- SARMIENTO, J. Y SANCHEZ, G. 2000. Evaluación de insectos. Departamento de Entomología y Fitopatología. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 117p.

- SEMPER (Seminario Permanente de Formadores en Agricultura Ecológica de Andalucía). 1995. Descriptores de ficha de caracterización. Maldonado Pérez, E. (coord.).Málaga. pág. 20-39.

- SHUTTLEWORTH, W.J. 1993. Evaporation. In: D.R. Maidment (ed) Handbook Hydrology. McGraw Hill, New York, Estados Unidos de América: 4.1-4.53.

- SIEA (Sistema integrado de estadísticas agrarias). 2014. Anuario “Producción agrícola 2014”. Lima- Perú.

- SILBER, A., BAR-TAL, A. 2008. Nutrition of substrate-grown plants. In: Raviv, M., Lieth, J. H. (Eds.), soilles culture. Theory and practice. Elsevier, Amsterdam, pp. 291-340.

- SIURA, S. y UGÁS, R. 2006. Taller Básico de Biohuerto. Programa de Hortalizas. Universidad Nacional Agraria La Molina.

- SOBRINO, E. y SOBRINO, V. 1989. Tratado de Horticultura Herbácea. Hortalizas de flor y fruto. Editorial Aedos S.A. Barcelona – España. 352 p.

- STEVENS, M. ORLEY. 1974. Food Nutrition Basically Fruit and vegetables for conserving health. USA.
- TAIZ, L. and ZEIGER, E. 2010. Plant Physiology. 5th Edition. Sinauer, Sunderland, MA, USA. 782 pp.
- TJALLING, H. 2006. CropKit. Guía de manejo nutrición vegetal de especialidad tomate. Peru. 84 pp.
- TOIVONEN P.M.A. 2007. Fruit maturation and ripening and their relationship to quality. Stewart Postharvest Reviews, 3:1-5.
- UGÁS, R., SIURA, S., DELGADO DE LA FLOR, F., CASAS, A. Y TOLEDO, J. 2000. Hortalizas. Datos básicos. UNALM. Lima – Perú. 202 p.
- UNIVERSITY OF CALIFORNIA. 1990. Integrated Pest Management for tomatoes. Third Edition. Division of Agriculture and Natural Resources. United States of America. 104 p.
- VALADÉZ, L. 1990. Producción de hortalizas. Editorial Limusa. México. 248 p.
- VALADÉZ, L. A. 1994. Producción de Hortalizas. Ed. Trillas S.A. México, D. F.
- VAN HAEFF, S. 1988. Manual para la Educación Agropecuaria. Editorial Trillas México. 54 pág.
- VAN HAEFF, S. 1998. Manuales para la Producción de Tomate. 7 ma Edición. Editorial Trillas. México. 54 pág.

- VILLAGÓMEZ, V y RODRÍGUEZ, G. 2013. Agrotecnia. Tarpuy apana. Manual del curso de Agrotecnia. Departamento de Fitotecnia. Facultad de Agronomía. UNA La Molina.
- WATTERSON, J. 1988. Enfermedades del tomate. Guía práctica para agrónomos y agricultores. Petossed Co. Inc. 47 p.
- WIEN, H. 1997. The physiology of vegetable crops. CAB international, London, UK. 651 p.
- WILLS, R.B., MCGLASSON, W.B., GRAHAM, D., JOYCE, D.C. 2007. Postharvest: An introduction to the Physiology and handling of fruit, vegetable and ornamentals. Fifth Edition. Cabi, Oxfordshire.
- WRIGHT, J.L. 1982. New Evapotranspiration Crop Coefficients. Journal of irrigation and Drainage Division, ASCE, 108:57-74

Páginas web consultadas:

- DIAZ G. 2008. Morfología y taxonomía en el cultivo de tomate. Blogger. Valle de Cauca- Colombia. Disponible en: <http://calidaddetomate.blogspot.pe/>. Consultado el 10 de Junio del 2016.
- FAO. 2015. Crop Water Information: Tomato. Disponible en http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_tomato.html . Consultado el 3 de enero del 2016.
- HAZERA. 2014. Disponible en: <http://www.hazera.mx/product/katya>. Consultado el 15 de Junio del 2016. Todos los derechos reservados. Hazera Seeds Ltd.
- ZACCARI, F. 2009. Cosecha y postcosecha de frutas y hortalizas. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy>. Consultado el 8 de mayo del 2016.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Datos meteorológicos diarios. Cañete. Enero – Mayo. 2016

Día	Temp.Prom. °C	Temp.Max °C	Temp.Min °C	Hum. Rel. Prom %	Hum.Max. Prom %	Hum.Min. Prom %
01/01/2016	20.86	23.3	18.3	86.15	95	75
02/01/2016	21.56	25.8	16.6	82.29	96	67
03/01/2016	21.50	25.3	17.2	86.08	95	73
04/01/2016	21.96	25.4	18.2	86.54	97	74
05/01/2016	23.04	26.8	19.4	84.42	95	67
06/01/2016	23.28	26.3	21.8	85.65	93	74
07/01/2016	23.06	25.8	20.8	87.33	95	76
08/01/2016	23.00	25.4	21.4	87.52	95	77
09/01/2016	23.15	27	20.1	84.98	94	71
10/01/2016	23.03	26.6	19.3	82.98	94	69
11/01/2016	22.60	27.4	18.1	84.27	96	67
12/01/2016	23.48	26.9	21	84.63	95	72
13/01/2016	23.21	26.2	20.4	84.52	95	71
14/01/2016	23.20	27	20.6	83.55	93	71
15/01/2016	22.85	25.2	19.3	81.14	92	71
16/01/2016	22.00	26.4	16.9	82.60	95	66
17/01/2016	22.77	27.6	18.6	81.06	94	66
18/01/2016	23.08	27.2	18.7	82.46	94	64
19/01/2016	22.70	25.7	19.7	87.17	97	75
20/01/2016	23.47	27.1	20.3	82.44	95	67
21/01/2016	23.94	27.4	21.1	83.44	93	71
22/01/2016	24.14	28.3	20.5	82.98	94	67
23/01/2016	23.73	27.3	20.4	83.90	95	68
24/01/2016	24.00	26.9	22.2	83.79	91	72
25/01/2016	24.00	28.1	21.3	83.85	94	63
26/01/2016	24.39	28.1	21.7	81.77	93	64
27/01/2016	23.71	27.6	19.9	86.40	96	71
28/01/2016	24.05	28.3	20.4	86.58	97	67
29/01/2016	24.83	28.6	22.2	83.65	95	67
30/01/2016	23.90	27.6	20.4	87.38	97	75
31/01/2016	24.41	28.1	21.1	85.65	96	72
01/02/2016	24.20	28.1	21.1	86.44	95	71
02/02/2016	24.48	28	22.6	86.69	94	71
03/02/2016	24.99	28.1	22.8	84.50	94	68
04/02/2016	24.48	27.7	22.3	86.48	96	73
05/02/201	24.46	28.8	21	84.04	95	67
06/02/2016	24.58	27.9	21.2	84.81	95	71
07/02/2016	24.64	28.2	21.9	85.52	96	70
08/02/2016	24.25	27.3	22.1	87.73	95	76

Continuación...

09/02/2016	24.29	28	22.1	87.83	96	75
10/02/2016	24.72	28.2	22.9	86.65	94	69
11/02/2016	24.53	27.3	22.4	86.19	94	71
12/02/2016	24.59	28.5	22.7	85.04	94	68
13/02/2016	24.82	29.1	21.9	84.75	95	63
14/02/2016	24.73	28.7	20.9	82.48	96	65
15/02/2016	24.03	27.1	21.2	86.25	95	73
16/02/2016	23.90	28.2	21.3	88.21	96	71
17/02/2016	24.48	28.4	22	86.98	96	72
18/02/2016	24.72	28.2	22.1	86.54	97	69
19/02/2016	24.89	28.8	22.3	85.17	96	67
20/02/2016	24.69	28.7	22.6	86.94	95	74
21/02/2016	24.79	29.1	22.2	86.56	96	72
22/02/2016	25.45	29.1	21.6	82.92	96	63
23/02/2016	25.41	29.1	22.2	84.40	97	65
24/02/2016	25.16	28.5	22.5	86.73	96	75
25/02/2016	25.63	29.4	23.3	86.73	95	74
26/02/2016	25.70	27.8	23.5	85.60	93	76
27/02/2016	25.87	29.9	22.1	80.06	94	58
28/02/2016	25.34	30.7	21.7	82.79	95	62
29/02/2016	24.59	28.2	22.2	86.79	96	70
01/03/2016	24.49	27.9	22.4	87.83	95	77
02/03/2016	25.19	29.3	22.2	84.77	96	66
03/03/2016	24.43	28.4	22.2	87.50	96	73
04/03/2016	24.56	28.6	21.7	86.44	96	72
05/03/2016	24.31	27.8	22.1	86.25	95	70
06/03/2016	23.98	27.9	21.6	87.65	96	72
07/03/2016	23.95	27.8	21.7	89.38	97	74
08/03/2016	24.93	29.3	21.9	84.98	97	60
09/03/2016	24.59	28.4	22.1	87.13	95	72
10/03/2016	24.47	29	21.7	86.88	97	70
11/03/2016	24.49	29.2	21.4	85.58	97	67
12/03/2016	24.65	28.7	21	85.81	97	67
13/03/2016	24.66	29	21.9	85.46	97	65
14/03/2016	24.04	28.8	21.1	87.08	97	68
15/03/2016	23.93	26.9	21.7	87.23	96	72
16/03/2016	23.47	27.2	20.1	86.40	97	73
17/03/2016	23.65	27.8	20.4	86.25	97	68
18/03/2016	23.66	27.4	20.7	87.44	97	69
19/03/2016	23.57	27.6	20.8	87.71	97	73
20/03/2016	23.93	27.4	20.7	84.88	96	69
21/03/2016	24.25	27.9	21.4	83.69	94	64
22/03/2016	24.17	28.5	20.6	83.81	96	64
23/03/2016	24.17	28.2	21.5	85.69	96	72
24/03/2016	24.35	28.2	21.1	83.65	96	68
25/03/2016	23.30	27.2	20.8	86.88	95	72
26/03/2016	23.64	27.9	20.5	85.48	96	68
27/03/2016	23.21	27.4	20.2	87.29	96	73
28/03/2016	23.62	28.6	20.4	86.98	97	67

Continuación...

29/03/2016	24.36	28.3	21.2	83.92	95	67
30/03/2016	24.19	29.3	20.4	84.63	97	66
31/03/2016	23.69	27.1	21.1	86.88	95	75
01/04/2016	24.15	28.4	21.7	85.29	94	66
02/04/2016	23.68	27.8	21	86.71	96	70
03/04/2016	23.75	28.1	21.4	86.54	94	67
04/04/2016	24.04	28.6	21.1	84.85	96	64
05/04/2016	23.75	28.9	20.4	85.21	97	61
06/04/2016	23.66	27.4	21.4	87.27	96	71
07/04/2016	23.11	27.2	20.8	87.65	96	69
08/04/2016	22.64	25.9	20.7	88.17	95	72
09/04/2016	22.45	25.4	20.3	88.79	96	77
10/04/2016	21.65	25.7	19.7	90.67	97	78
11/04/2016	21.29	23.8	19.1	91.42	97	81
12/04/2016	21.54	24.9	18.9	90.83	97	79
13/04/2016	21.45	25.8	17.3	88.81	98	75
14/04/2016	22.03	26.8	17.7	86.79	98	68
15/04/2016	22.03	26.1	19.4	88.19	97	72
16/04/2016	22.05	25.7	19	88.54	97	71
17/04/2016	22.21	25.6	20.3	88.88	96	71
18/04/2016	22.47	25.7	19.7	87.58	97	71
19/04/2016	22.13	26.2	19.3	88.10	96	71
20/04/2016	21.26	24.7	18.4	86.63	97	71
21/04/2016	20.82	23.4	18.5	89.75	97	81
22/04/2016	20.67	23.7	18.5	90.35	97	79
23/04/2016	20.07	23.8	18	92.48	97	83
24/04/2016	20.12	23.9	18.2	91.90	98	78
25/04/2016	21.20	25.2	18.6	89.04	97	75
26/04/2016	21.35	26.9	17.4	85.98	97	64
27/04/2016	20.75	24.3	18.4	89.29	96	76
28/04/2016	20.57	24.3	17.2	87.90	97	74
29/04/2016	20.92	26.1	17.6	87.10	97	72
30/04/2016	19.83	24.1	18.1	90.23	96	77
01/05/2016	20.83	25.6	16.7	85.10	96	71
02/05/2016	21.27	26.2	18.1	85.73	95	66
03/05/2016	21.12	24.8	18.9	88.96	97	76
04/05/2016	20.85	25.1	18.3	89.13	98	75
05/05/2016	21.07	25.7	17.2	86.41	97	71
06/05/2016	20.68	24.9	16.9	86.89	97	71
07/05/2016	19.97	24.5	17.2	89.46	98	73
08/05/2016	20.18	23.9	17	88.58	97	77
09/05/2016	20.43	24.5	17.3	87.92	97	70
10/05/2016	20.18	25	16.5	87.94	97	69
11/05/2016	20.49	25.1	16.5	86.05	95	69
12/05/2016	18.96	22.3	16.6	93.55	98	85

FUENTE: Estación Meteorológica Davis Vantage Pro del fundo Don German-IRD Costa-Cañete. 2016.

Anexo 2: Insecticidas, fungicidas y abonos foliares usados en la campaña de tomate. Cañete-2016.

Pesticidas	Casa Comercial	Ingrediente Activo	Tipo	Blanco Biológico	Dosis (ml/g/mochila)	Periodo Carenacia (días)	Cant.	Uní
Reto	POINT ANDINA	Abamectin	Contacto/ingestión	mosca minadora, acaros	25	7	1	lt
Hook	AgroKline	Buprofezin	Contacto/ingestión	Mosca Blanca (<i>Bemisia</i>)	15-20	1	1	g
Lorsban	BAYER	Chlopyrifos	Contacto/ingestión	<i>Prodiplosis, Spodoptera, Tutta</i>	40-61	6	1	lt
Tifón 2.5 ps.	FARMAGRO	Chlopyrifos	contacto/ingestion	<i>Feltia, Agrotis, Spodoptera</i>	1 en 8 azufre	2	5	kg
Tifón 4E	FARMAGRO	Chlopyrifos	contacto/ingestion	<i>Feltia, Agrotis, Spodoptera</i>	40	7	1	lt
Aunque	SHARDA PERU	Imidacloprid	ingestión	Mosca Blanca (<i>Bemisia</i>), Aphidos	30	7	1	lt
Takumi	DROKASA PERU	Flubendiamide	ingestión	<i>spodoptera spp.</i>	10-12.5	4	1	g
Monofós	FARMAGRO	Methamidophos	contacto/ingestion	<i>spodoptera spp.</i> , Prodiplosis, Spodoptera, Tutta	40--50	25	1	lt
Regent	BAYER	Fipronil	contacto/ingestion	<i>Prodiplosis, Spodoptera, Tutta, Mosca Blanca (Bemisia), Aphidos</i>	20-40	20	1	lt
Afly	OSI	Cipermetrina	contacto/ingestion	<i>Tutta (= Scrobipalpula jabsoluta, mosca minadora</i>	20-30	7	1	lt
Match 50 EC	SYNGENTA CR	Lufenuron	contacto/ingestion	<i>Chrysodeixis (= Pseudoplusia includens, Spodoptera spp</i>	15-20	7	1	lt
Verzus	INTEROC S.A.	Emamectin benzoato	ingestión	<i>Heliothis virescens</i>	30-40	7	2	g
Beta Baytroide 125	BAYER	Betacyflutrina	contacto/ingestion	<i>mosca minadora, heliothis</i>	15-30	14	1	lt
Movento	BAYER	Spirotetramat	Sistémico/contacto	<i>Prodiplosis</i>	30	7	1	lt
Fungicidas	Casa Comercial	Ingrediente Activo	Tipo	Blanco Biológico	Dosis (ml/g/mochila)	Periodo Carenacia (días)	Cant.	Uní
Benlate	FARMEX	Benomyl	contacto	<i>Botrytis cinerea</i>	20-40	14	1	g
Ridomil	SYNGENTA CR	Mancozeb + Metalaxil	sistémico	Phytophthora infestans, Phytophthora capsici	40-50	15	1	g
Mancozeb	NUFARM	Mancozeb	sistémico	Phytophthora infestans, Alternaria solani, Antracnosis y botritis	40-50	7	1	g
Previcur N	Bayer	Propanocarb	sistémico	<i>Phytophthora capsici, Phytophthora infestans</i>	50	7	1	lt
Acaricida	Casa Comercial	Ingrediente Activo	Tipo	Blanco Biológico	Dosis (ml/g/mochila)	Periodo Carenacia (días)	Cant.	Uní
Sunfire	BASF	Clorfenpir	Contacto, ingestión	Polilla del tomate	20-30 cc/100 L agua	7 a 10	1	lt
Otros								
Albamin	-	Nitrogeno, aminoácidos	-	Nitrogeno orgánico, carbono orgánico y aminoácidos	50 ml/moch	-	1	lt
Azufre Pantera	-	Azufre	-	Evitar 21 días antes y después aceites agrícolas. Azufre al 91-95%	1-3 kg/ha	-	1	saco
Fert all Ca-B	-	Ca, B, Mo	-	Calcio, boro, molibdeno, cobalto, ácidos húmicos, volatiles C y E	50-100 ml/moch	-	2	lt
Proxy	-	Trisiloxano etoxilado	-	Coadyudante agrícola	5.0 - 10 ml/moch	-	3	lt
Aquapro	-	Acido asimilable	-	Acidificante	12.5-20 ml/moch	-	3	lt
Super Crop Oil	-	Acete maiz	-	<i>Liriomyza huidobrensis</i>	100-150 ml/moch	-	1	lt

Anexo 3: Análisis de agua de riego. Cañete-2016

No. Laboratorio	836
No. Campo	-
pH	6.9
C.E dS/m	0.74
Calcio	3.76
Magnesio meq/L	1.27
Potasio meq/L	0.08
Sodio meq/L	2.17
SUMA DE CATIONES	7.28
Nitratos meq/L	0.02
Carbonatos meq/L	0
Bicarbonatos meq/L	2.36
Sulfatos meq/L	1.08
Cloruros meq/L	3.9
SUMA DE ANIONES	7.36
Sodio %	29.8
RAS	1.37
Boro ppm	0.26
Clasificación	C2-S1
Cobre ppm	0.01
Zinc ppm	0
Manganeso ppm	0.07
Hierro ppm	0.13

FUENTE: Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina. 2015

Anexo 4: Plan de fertilización en el cultivo de tomate. Cañete-2016

Fertirrigation	N%	P2O5%	K2O%	N (kg/ha)	P2O5 (kg/ha)	K2O (kg/ha)	KH2PO4 (kg/ha)	K2O (kg/ha)	KNO3 (kg/ha)	N	K2O (kg/ha)	NH4NO3 (kg/ha)	N
1	1.3	4.3	1.3	3.4	4.3	6.3	8.2	2.8	7.7	1.1	3.5	7.2	2.4
2	1.3	4.3	1.3	3.4	4.3	6.3	8.2	2.8	7.7	1.1	3.5	7.2	2.4
3	1.3	4.3	1.3	3.4	4.3	6.3	8.2	2.8	7.7	1.1	3.5	7.2	2.4
4	1.3	4.3	1.3	3.4	4.3	6.3	8.2	2.8	7.7	1.1	3.5	7.2	2.4
5	3.0	4.3	1.8	8.3	4.3	8.8	8.2	2.8	13.3	1.8	6.0	19.5	6.4
6	3.0	4.3	1.8	8.3	4.3	8.8	8.2	2.8	13.3	1.8	6.0	19.5	6.4
7	3.0	4.3	1.8	8.3	4.3	8.8	8.2	2.8	13.3	1.8	6.0	19.5	6.4
8	3.0	4.3	1.8	8.3	4.3	8.8	8.2	2.8	13.3	1.8	6.0	19.5	6.4
9	6.7	5.7	5.7	18.3	5.7	28.3	10.9	3.7	54.7	7.5	24.6	32.8	10.8
10	6.7	5.7	5.7	18.3	5.7	28.3	10.9	3.7	54.7	7.5	24.6	32.8	10.8
11	6.7	5.7	5.7	18.3	5.7	28.3	10.9	3.7	54.7	7.5	24.6	32.8	10.8
12	5.0	4.0	5.0	13.8	4.0	25.0	7.7	2.6	49.7	6.8	22.4	20.9	6.9
13	5.0	4.0	5.0	13.8	4.0	25.0	7.7	2.6	49.7	6.8	22.4	20.9	6.9
14	5.0	4.0	5.0	13.8	4.0	25.0	7.7	2.6	49.7	6.8	22.4	20.9	6.9
15	5.0	4.0	5.0	13.8	4.0	25.0	7.7	2.6	49.7	6.8	22.4	20.9	6.9
16	5.7	5.7	6.0	15.6	5.7	30.0	10.9	3.7	58.4	8.0	26.3	22.9	7.5
17	5.7	5.7	6.0	15.6	5.7	30.0	10.9	3.7	58.4	8.0	26.3	22.9	7.5
18	5.7	5.7	6.0	15.6	5.7	30.0	10.9	3.7	58.4	8.0	26.3	22.9	7.5
19	5.7	5.3	6.0	15.6	5.3	30.0	10.3	3.5	58.9	8.1	26.5	22.7	7.5
20	5.7	5.3	6.0	15.6	5.3	30.0	10.3	3.5	58.9	8.1	26.5	22.7	7.5
21	5.7	5.3	6.0	15.6	5.3	30.0	10.3	3.5	58.9	8.1	26.5	22.7	7.5
22	4.5	0.0	7.5	12.4	0.0	37.5	0.0	0.0	83.3	11.5	37.5	2.8	0.9
23	4.5	0.0	7.5	12.4	0.0	37.5	0.0	0.0	83.3	11.5	37.5	2.8	0.9
	100.0	100.0	100.0	275.0	100.0	500.0	192.3	65.4	965.8	132.8	434.6	430.9	142.2

Continuación

Fertirrigation	KH2PO4 (kg/558.6 m2)	KNO3 (kg/558.6 m2)	NH4NO3 (kg/558.6 m2)	KH2PO4 (kg/2234.4 m2)	KNO3 (kg/2234.4 m2)	NH4NO3 (kg/2234.4 m2)	SUBTOTAL (kg/558.6 m2)	TOTAL (kg/2234.4 m2)
1	0.46	0.43	0.40	1.83	1.72	1.61	1.29	5.16
2	0.46	0.43	0.40	1.83	1.72	1.61	1.29	5.16
3	0.46	0.43	0.40	1.83	1.72	1.61	1.29	5.16
4	0.46	0.43	0.40	1.83	1.72	1.61	1.29	5.16
5	0.46	0.74	1.09	1.83	2.96	4.35	2.29	9.14
6	0.46	0.74	1.09	1.83	2.96	4.35	2.29	9.14
7	0.46	0.74	1.09	1.83	2.96	4.35	2.29	9.14
8	0.46	0.74	1.09	1.83	2.96	4.35	2.29	9.14
9	0.61	3.06	1.83	2.43	12.23	7.32	5.50	21.98
10	0.61	3.06	1.83	2.43	12.23	7.32	5.50	21.98
11	0.61	3.06	1.83	2.43	12.23	7.32	5.50	21.98
12	0.43	2.78	1.17	1.72	11.11	4.68	4.38	17.51
13	0.43	2.78	1.17	1.72	11.11	4.68	4.38	17.51
14	0.43	2.78	1.17	1.72	11.11	4.68	4.38	17.51
15	0.43	2.78	1.17	1.72	11.11	4.68	4.38	17.51
16	0.61	3.26	1.28	2.43	13.06	5.11	5.15	20.60
17	0.61	3.26	1.28	2.43	13.06	5.11	5.15	20.60
18	0.61	3.26	1.28	2.43	13.06	5.11	5.15	20.60
19	0.57	3.29	1.27	2.29	13.16	5.07	5.13	20.52
20	0.57	3.29	1.27	2.29	13.16	5.07	5.13	20.52
21	0.57	3.29	1.27	2.29	13.16	5.07	5.13	20.52
22	0.00	4.66	0.16	0.00	18.62	0.62	4.81	19.24
23	0.00	4.66	0.16	0.00	18.62	0.62	4.81	19.24
	10.74	53.95	24.07	42.97	215.80	96.28	88.76	355.05

Anexo 5: Cartilla de evaluación de plagas en el cultivo de tomate. Cañete-2016

DETERMINACIONES			I	II	III	IV	TOTAL	PROMEDIO
10 Metros	GUSANOS DE TIERRA	Larvas / m Lineal						
		Plantas Cortadas						
	BENEFICOS	N° de carabidos						
		N° de cicindellidos						
		N° de tijeretas						
	PRODIPLOSIS	N° de brotes infestados						
MOSCA BLANCA	N° de adultos							
100 Hojas	S. Absoluta	N° de larvas						
		N° de hojas infestadas						
	PULGONES	Grado						
	Spodoptera spp.	Masa de huevos						
		N° de larvas						
		N° de hojas infestadas						
	HELIOTHIS + PSEUDOPPLUSIA	N° de huevos						
		N° de larvas						
	Euchistus convergens	N° de posturas						
		N° de ninfas						
N° de adultos								
Liriomiza huidrobensis	N° de adultos							
	N° de foliolos infestados							
25 Tallos	Melanagromyza tomaterae	N° de larvas + puparios						
		N° de tallos infestados						
100 Frutos	Prodiplosis longifilia	N° de frutos sanos						
		N° de frutos infestados						
	Spodoptera spp.	N° de frutos infestados						
		N° de larvas						
	HELIOTHIS	N° de larvas						
S. Absoluta	Grado de daño							

Anexo 6: Actividades realizadas el cultivo de tomate. Cañete-2016

DDT	Etapa	Día	Fecha	Labores de Cultivo
-1	Inicial	lunes	04/01/2016	Riego de enseño / instalacion cerco
0	Inicial	martes	05/01/2016	Transplante de Tomate / benlate, metamidophos
1	Inicial	miércoles	06/01/2016	Aplicación de azufre en polvo
2	Inicial	jueves	07/01/2016	instalación de la cubierta de tomate
3	Inicial	viernes	08/01/2016	
4	Inicial	sábado	09/01/2016	
5	Inicial	domingo	10/01/2016	
6	Inicial	lunes	11/01/2016	Evaluación de plagas
7	Inicial	martes	12/01/2016	
8	Inicial	miércoles	13/01/2016	
9	Inicial	jueves	14/01/2016	Repique, deshierbo
10	Inicial	viernes	15/01/2016	fosetil Al, mancozeb
11	Inicial	sábado	16/01/2016	Evaluación de plagas
12	Inicial	domingo	17/01/2016	
13	Inicial	lunes	18/01/2016	
14	Desarrollo	martes	19/01/2016	Deshierbo
15	Desarrollo	miércoles	20/01/2016	
16	Desarrollo	jueves	21/01/2016	instalación de estacas para fotos
17	Desarrollo	viernes	22/01/2016	Aplicación de ataque, Rinomil, hook
18	Desarrollo	sábado	23/01/2016	
19	Desarrollo	domingo	24/01/2016	
20	Desarrollo	lunes	25/01/2016	
21	Desarrollo	martes	26/01/2016	instalación para fotos
22	Desarrollo	miércoles	27/01/2016	Fotos de cobertura
23	Desarrollo	jueves	28/01/2016	Aplicación de hook, regent, benomy/ deshierbo
24	Desarrollo	viernes	29/01/2016	
25	Desarrollo	sábado	30/01/2016	Evaluación de plagas
26	Desarrollo	domingo	31/01/2016	
27	Desarrollo	lunes	01/02/2016	
28	Desarrollo	martes	02/02/2016	retiro de cubierta de tomate / aplicación ataque, albamin, previcur, metamidophos, regent
29	Floración	miércoles	03/02/2016	deshierbo, evaluacion floración (40 %), colocacion de trampas amarillas
30	Floración	jueves	04/02/2016	
31	Floración	viernes	05/02/2016	
32	Floración	sábado	06/02/2016	
33	Floración	domingo	07/02/2016	
34	Floración	lunes	08/02/2016	
35	Floración	martes	09/02/2016	Aplicación de Ca y Boro Foliar/ regent, hook, ataque.
36	Floración	miércoles	10/02/2016	instalación de trampas amarillas, Evaluacion de floración (60%), trampas de melaza
37	Floración	jueves	11/02/2016	Aplicación de azufre en polvo, Tifon (clorpirifos)
38	Floración	viernes	12/02/2016	
39	Floración	sábado	13/02/2016	
40	Floración	domingo	14/02/2016	
41	Floración	lunes	15/02/2016	
42	Floración	martes	16/02/2016	Inicio de FLORACIÓN
43	Floración	miércoles	17/02/2016	Aplicación reto, metamidophos, ataque, beta baytroide, abamectin, acid color, proxy
44	Floración	jueves	18/02/2016	Desmalezado y limpieza y mantenimiento de trampas amarillas y melaza
45	Floración	viernes	19/02/2016	
46	Floración	sábado	20/02/2016	
47	Floración	domingo	21/02/2016	
48	Floración	lunes	22/02/2016	Evaluación de floración
49	Fructificación	martes	23/02/2016	
50	Fructificación	miércoles	24/02/2016	
51	Fructificación	jueves	25/02/2016	Aplicación de Ca y Boro Foliar, Ridomil, aceite, metamidophos, match, affly, ataque, reto

Continuación

52	Fructificación	viernes	26/02/2016	
53	Fructificación	sábado	27/02/2016	
54	Fructificación	domingo	28/02/2016	
55	Fructificación	lunes	29/02/2016	
56	Fructificación	martes	01/03/2016	
57	Fructificación	miércoles	02/03/2016	Hook, versus, tifón, Affly
58	Fructificación	jueves	03/03/2016	
59	Fructificación	viernes	04/03/2016	
60	Fructificación	sábado	05/03/2016	
61	Fructificación	domingo	06/03/2016	
62	Fructificación	lunes	07/03/2016	Movento, Takumi, Benomyl, acid color, CaBo, coadyuvante
63	Fructificación	martes	08/03/2016	
64	Fructificación	miércoles	09/03/2016	
65	Fructificación	jueves	10/03/2016	
66	Fructificación	viernes	11/03/2016	
67	Fructificación	sábado	12/03/2016	
68	Fructificación	domingo	13/03/2016	
69	Cosecha	lunes	14/03/2016	Acid color,monofós,afly, ataque, versus, benomyl, Aceite.
70	Cosecha	martes	15/03/2016	Desmalezado
71	Cosecha	miércoles	16/03/2016	Desmalezado
72	Cosecha	jueves	17/03/2016	Desmalezado, 1RA COSECHA
73	Cosecha	viernes	18/03/2016	CaBo, Benomyl, regent, tifón, acid color, coadyuvante
74	Cosecha	sábado	19/03/2016	
75	Cosecha	domingo	20/03/2016	
76	Cosecha	lunes	21/03/2016	
77	Cosecha	martes	22/03/2016	2DA COSECHA
78	Cosecha	miércoles	23/03/2016	movento,takumi, ridomil, versus, tifón, acid color, coadyuvante
79	Cosecha	jueves	24/03/2016	
80	Cosecha	viernes	25/03/2016	
81	Cosecha	sábado	26/03/2016	
82	Cosecha	domingo	27/03/2016	
83	Cosecha	lunes	28/03/2016	
84	Cosecha	martes	29/03/2016	Sunfire, regent, coadyuvante, CaBo, acid color, coadyuvante
85	Cosecha	miércoles	30/03/2016	
86	Cosecha	jueves	31/03/2016	3RA COSECHA
87	Cosecha	viernes	01/04/2016	
88	Cosecha	sábado	02/04/2016	
89	Cosecha	domingo	03/04/2016	
90	Cosecha	lunes	04/04/2016	
91	Cosecha	martes	05/04/2016	
92	Cosecha	miércoles	06/04/2016	4TA COSECHA
93	Cosecha	jueves	07/04/2016	
94	Cosecha	viernes	08/04/2016	
95	Cosecha	sábado	09/04/2016	
96	Cosecha	domingo	10/04/2016	
97	Cosecha	lunes	11/04/2016	
98	Cosecha	martes	12/04/2016	
99	Cosecha	miércoles	13/04/2016	5ta COSECHA
100	Cosecha	jueves	14/04/2016	
101	Cosecha	viernes	15/04/2016	
102	Cosecha	sábado	16/04/2016	
103	Cosecha	domingo	17/04/2016	
104	Cosecha	lunes	18/04/2016	
105	Cosecha	martes	19/04/2016	
106	Cosecha	miércoles	20/04/2016	6ta COSECHA
107	Cosecha	jueves	21/04/2016	

Anexo 7: Anova de las diferentes variables evaluadas.

Rendimiento peso total					
ANOVA					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
tratamiento	3	2541.821322	847.273774	19.28	0.002
repetición	3	200.374574	66.791525	1.52	0.303
Columna	3	275.818106	91.939369	2.09	0.203
Error	6	263.642415	43.940403		
Total	15	3281.656416			

Número fruto					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
tratamiento	3	2.5145E+11	83816627213	21.07	0.001
repetición	3	40748871204	13582957068	3.41	0.094
Columna	3	53465749004	17821916335	4.48	0.056
Error	6	23866610283	3977768380		
Total	15	3.69531E+11			

Peso de fruto de primera					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
tratamiento	3	132489439	44163146	16.41	0.003
repetición	3	6714018	2238006	0.83	0.523
Columna	3	12192893	4064298	1.51	0.305
Error	6	16149720	2691620		
Total	15	167546070			

Peso de fruto de segunda					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
tratamiento	3	785108653	261702884	17.06	0.002
repetición	3	10351431	3450477	0.22	0.876
Columna	3	75442712	25147571	1.64	0.277
Error	6	92036535	15339422		
Total	15	962939330			

Peso de fruto de tercera					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
tratamiento	3	176359713	58786571	14	0.004
repetición	3	214202586	71400862	17	0.002
Columna	3	63954884	21318295	5.08	0.044
Error	6	25194727	4199121		
Total	15	479711909			

Peso pudrición apical					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
tratamiento	3	16310175	5436725	10.51	0.008
repetición	3	1474726	491575	0.95	0.474
Columna	3	1479999	493333	0.95	0.473
Error	6	3104930	517488		
Total	15	22369830			

Peso Hongos plagas y otros					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
tratamiento	3	23137797	7712599	14.35	0.004
repetición	3	13620598	4540199	8.45	0.014
Columna	3	1597488	532496	0.99	0.458
Error	6	3225396	537566		
Total	15	41581278			

Peso Descarte					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
tratamiento	3	8077029	2692343	2.39	0.168
repetición	3	9496774	3165591	2.81	0.13
Columna	3	6069989	2023330	1.79	0.248
Error	6	6767240	1127873		
Total	15	30411033			

Peso de frutos comerciales					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
tratamiento	3	2391653733	797217911	17.68	0.002
repetición	3	293727667	97909222	2.17	0.193
Columna	3	268322666	89440889	1.98	0.218
Error	6	270621023	45103504		
Total	15	3224325089			

Número de frutos de primera					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
tratamiento	3	6546914911	2182304970	18.08	0.002
repetición	3	404729190	134909730	1.12	0.413
Columna	3	570267479	190089160	1.58	0.291
Error	6	724091902	120681984		
Total	15	8246003482			

Número de frutos de segunda					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
tratamiento	3	74919793975	24973264658	17.41	0.002
repetición	3	903533776	301177925	0.21	0.886
Columna	3	8751846797	2917282266	2.03	0.211
Error	6	8604885967	1434147661		
Total	15	93180060515			

Número de frutos de tercera					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
tratamiento	3	36116852850	12038950950	15.32	0.003
repetición	3	56786589329	18928863110	24.09	0.001
Columna	3	16880714872	5626904957	7.16	0.021
Error	6	4715376916	785896153		
Total	15	1.15E+11			

Número de frutos con pudrición apical					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
tratamiento	3	19234783350	6411594450	10.32	0.009
repetición	3	1257960779	419320260	0.67	0.598
Columna	3	693309701	231103234	0.37	0.777
Error	6	3727846134	621307689		
Total	15	24913899964			

Número de frutos con Hongos plagas y otros					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
tratamiento	3	1.563E+10	5210516953	26.03	0.001
repetición	3	7.742E+09	2580652079	12.89	0.005
Columna	3	778056187	259352062	1.3	0.359
Error	6	1.201E+09	200205889		
Total	15	2.535E+10			

Número de frutos de descarte					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
tratamiento	3	5403669007	1801223002	2.01	0.215
repetición	3	3525916090	1175305363	1.31	0.355
Columna	3	1201488902	400496301	0.45	0.729
Error	6	5385508003	897584667		
Total	15	15516582002			

Número de frutos buenos					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
tratamiento	3	2.37E+11	79041756696	17.1	0.002
repetición	3	67612506296	22537502099	4.88	0.048
Columna	3	44443693391	14814564464	3.2	0.105
Error	6	27738372060	4623062010		
Total	15	3.77E+11			

Peso fresco fruto					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamiento	3	4523.2	1507.74	23.39	0.001
Repetición	3	2089.3	696.42	10.8	0.008
Columna	3	500.2	166.73	2.59	0.149
Error	6	386.8	64.47		
Total	15	7499.5			

Diámetro polar					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamiento	3	292.75	97.58	7.99	0.016
Repetición	3	148.6	49.53	4.06	0.068
Columna	3	39.68	13.23	1.08	0.425
Error	6	73.25	12.21		
Total	15	554.28			

Diámetro ecuatorial					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamiento	3	214.44	71.481	6.88	0.023
Repetición	3	115.92	38.641	3.72	0.08
Columna	3	24.78	8.261	0.79	0.54
Error	6	62.37	10.394		
Total	15	417.52			

Resistencia					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamiento	3	0.5487	0.1829	1.49	0.31
Repetición	3	0.8703	0.2901	2.36	0.171
Columna	3	0.6369	0.2123	1.73	0.261
Error	6	0.738	0.123		
Total	15	2.7938			

Porcentaje Sólidos solubles					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamiento	3	21.772	7.2573	17.89	0.002
Repetición	3	3.977	1.3256	3.27	0.101
Columna	3	2.137	0.7123	1.76	0.255
Error	6	2.434	0.4056		
Total	15	30.319			

Ácido cítrico					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamiento	3	0.12981	0.04327	6.5	0.026
Repetición	3	0.02641	0.008802	1.32	0.352
Columna	3	0.02544	0.008481	1.27	0.365
Error	6	0.03997	0.006662		
Total	15	0.22163			

Número de flores					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
tratamiento	3	379.25	126.417	94.81	0.000
repeticion	3	31.25	10.417	7.81	0.017
Columna	3	5.25	1.75	1.31	0.354
Error	6	8	1.333		
Total	15	423.75			

Materia seca Fruto					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
tratamiento	3	86.522	28.841	5.18	0.042
Repetición	3	6.552	2.184	0.39	0.763
Columna	3	33.202	11.067	1.99	0.217
Error	6	33.383	5.564		
Total	15	159.658			

Materia seca hojas					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
tratamiento	3	100.96	33.653	3.76	0.079
Repetición	3	47.38	15.793	1.76	0.254
Columna	3	111.11	37.036	4.13	0.066
Error	6	53.77	8.961		
Total	15	313.22			

Materia seca tallo					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
tratamiento	3	84.9909	28.3303	99.48	0
Repetición	3	0.06	0.02	0.07	0.974
Columna	3	3.2097	1.0699	3.76	0.079
Error	6	1.7088	0.2848		
Total	15	89.9694			

Área Foliar					
Anova					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	3	59.773	19.9243	18.98	0.002
Repetición	3	1.421	0.4735	0.45	0.726
Columna	3	8.409	2.803	2.67	0.141
Error	6	6.299	1.0499		
Total	15	75.902			

Anexo 8: Rendimiento del cultivo de tomate (T/ha) con los diferentes tratamientos de láminas de riego en tomate.

Tratamiento	1ra Cosecha	2da Cosecha	3ra Cosecha	4ta Cosecha	5ta Cosecha	6ta Cosecha
150	0.17	0.87	9.22	10.00	13.09	16.87
100	0.14	0.86	6.99	4.23	4.59	9.17
75	0.25	0.80	4.00	3.11	3.63	6.51
50	0.23	1.19	3.53	2.58	3.67	5.41

Anexo 9: Dosis y frecuencia de riego en la campaña de tomate. Cañete-2016

Date	DDT	Kc	days	ET ₀ mm/day	ET _c mm/day	m ³ /ha	m ³ /558.6	Vol. T1 (m3) 150%	Vol. T2 (m3) 100%	Vol. T3 (m3) 75%	Vol. T4 (m3) 50%	Total (m3)
04/01/2016	-1	0.3						3	3	3	3	12
05/01/2016	0	0.3										
06/01/2016	1											
07/01/2016	2											
08/01/2016	3	0.30		1.76	0.528	5.28	0.295					
09/01/2016	4	0.30		3.43	1.029	10.29	0.575					
10/01/2016	5	0.30		4.54	1.362	13.62	0.761					
11/01/2016	riego		3	9.73			1.631	2.45	1.63	1.22	0.82	6.11
11/01/2016	6	0.30		4.53	1.359	13.59	0.759					
12/01/2016	7	0.30		3.42	1.026	10.26	0.573					
13/01/2016	8	0.30		4.17	1.251	12.51	0.699					
14/01/2016	9	0.30		1.90	0.57	5.7	0.318					
15/01/2016	riego		4				2.349	3.52	2.35	1.76	1.17	8.81
15/01/2016	10	0.30		2.11	0.633	6.33	0.354					
16/01/2016	11	0.30		3.83	1.149	11.49	0.642					
17/01/2016	12	0.30		3.92	1.176	11.76	0.657					
18/01/2016	riego		3				1.652	2.48	1.65	1.24	0.83	6.20
18/01/2016	13	0.30		4.39	1.317	13.17	0.736					
19/01/2016	14	0.30		3.81	1.143	11.43	0.638					
20/01/2016	riego		2				1.374	2.06	1.37	1.03	0.69	5.15
20/01/2016	15	0.30		3.16	0.948	9.48	0.530					
21/01/2016	16	0.30		2.67	0.801	8.01	0.447					
22/01/2016	riego		2				0.977	1.47	0.98	0.73	0.49	3.66
22/01/2016	17	0.75		4.29	3.2175	32.175	1.797					
23/01/2016	18	0.75		4.45	3.3375	33.375	1.864					
24/01/2016	19	0.75		3.28	2.46	24.6	1.374					
25/01/2016	riego		3				5.036	7.55	5.04	3.78	2.52	18.88
25/01/2016	20	0.75		2.76	2.07	20.7	1.156					
26/01/2016	21	0.75		3.88	2.91	29.1	1.626					
27/01/2016	riego		2				2.782	4.17	2.78	2.09	1.39	10.43
27/01/2016	22	0.75		4.29	3.2175	32.175	1.797					
28/01/2016	23	0.75		4.45	3.3375	33.375	1.864					
29/01/2016	24	0.75		3.28	2.46	24.6	1.374					
30/01/2016	riego		3				5.036	7.55	5.04	3.78	2.52	18.88
31/01/2016	26	1.15										
01/02/2016	27	1.15	2	3.53	4.0595	40.595	2.268					
02/02/2016	28	1.15		2.46	2.829	28.29	1.580					
03/02/2016	riego						3.848	5.77	3.85	2.89	1.92	14.43
04/02/2016	30	1.15	2	3.5	4.025	40.25	2.248					
05/02/2016	31	1.15		3.7	4.255	42.55	2.377					
05/02/2016	riego						4.625	6.94	4.63	3.47	2.31	17.34
05/02/2016	32	1.15		3.860	4.439	44.39	2.480					
06/02/2016	33	1.15		4.25	4.8875	48.875	2.730					
07/02/2016	34	1.15		4.13	4.7495	47.495	2.653					
08/02/2016	riego						7.863	11.79	7.86	5.90	3.93	29.49

Continuación

08/02/2016	35	1.15		3.54	4.071	40.71	2.274						
09/02/2016	36	1.15		3.56	4.094	40.94	2.287						
10/02/2016	riego						4.561	6.84	4.56	3.42	2.28	17.10	
10/02/2016	37	1.15		3.16	3.634	36.34	2.030						
11/02/2016	38	1.15		2.84	3.266	32.66	1.824						
12/02/2016	riego						3.854	5.78	3.85	2.89	1.93	14.45	
12/02/2016	39	1.15		2.68	3.082	30.82	1.722						
13/02/2016	40	1.15		3.59	4.1285	41.285	2.306						
14/02/2016	41	1.15		4.56	5.244	52.44	2.929						
15/02/2016	riego						6.957	10.44	6.96	5.22	3.48	26.09	
15/02/2016	42	1.15		3.78	4.347	43.47	2.428						
16/02/2016	43	1.15		3.38	3.887	38.87	2.171						
	riego						4.600	6.90	4.60	3.45	2.30	17.25	
17/02/2016	44	1.15		3.54	4.071	40.71	2.274						
18/02/2016	45	1.15		4.07	4.6805	46.805	2.615						
	riego		2				4.889	7.33	4.89	3.67	2.44	18.33	
19/02/2016	46	1.15		4	4.6	46	2.570						
20/02/2016	47	1.15		3.61	4.1515	41.515	2.319						
21/02/2016	48	1.15		2.98	3.427	34.27	1.914						
	riego		3				6.803	10.20	6.80	5.10	3.40	25.51	
22/02/2016	49	1.15		4.13	4.7495	47.495	2.653						
23/02/2016	50	1.15		3.72	4.278	42.78	2.390						
	riego		2				5.043	7.56	5.04	3.78	2.52	18.91	
24/02/2016	51	1.15		3.48	4.002	40.02	2.236						
25/02/2016	52	1.15		3.54	4.071	40.71	2.274						
	riego		2				4.510	6.76	4.51	3.38	2.25	16.91	
26/02/2016	53	1.15		1.87	2.1505	21.505	1.201						
27/02/2016	54	1.15		3.78	4.347	43.47	2.428						
28/02/2016	55	1.15		4.07	4.6805	46.805	2.615						
	riego		3				6.244	9.37	6.24	4.68	3.12	23.42	
29/02/2016	56	1.15		3.89	4.4735	44.735	2.499						
01/03/2016	57	1.15		2.62	3.013	30.13	1.683						
	riego		2				4.182	6.27	4.18	3.14	2.09	15.68	
02/03/2016	58	1.15		3.73	4.2895	42.895	2.396						
03/03/2016	59	1.15		2.67	3.0705	30.705	1.715						
	riego		2				4.111	6.17	4.11	3.08	2.06	15.42	
04/03/2016	60	1.15		3.02	3.473	34.73	1.940						
05/03/2016	61	1.15		3.21	3.6915	36.915	2.062						
06/03/2016	62	1.15		3.45	3.9675	39.675	2.216						
	riego		3				6.218	9.33	6.22	4.66	3.11	23.32	
07/03/2016	63	1.15		2.42	2.783	27.83	1.555						
08/03/2016	64	1.15		3.81	4.3815	43.815	2.448						
	riego		2				4.002	6.00	4.00	3.00	2.00	15.01	
09/03/2016	65	1.15		3.67	4.2205	42.205	2.358						
10/03/2016	66	1.15		3.52	4.048	40.48	2.261						
	riego		2				4.619	6.93	4.62	3.46	2.31	17.32	
11/03/2016	67	1.15		3.1	3.565	35.65	1.991						
12/03/2016	68	1.15		3.83	4.4045	44.045	2.460						
13/03/2016	69	1.15		3.55	4.0825	40.825	2.280						
	riego		3				6.732	10.10	6.73	5.05	3.37	25.25	
14/03/2016	70	1.15		3.53	4.0595	40.595	2.268						
15/03/2016	71	1.15		3.5	4.025	40.25	2.248						
	riego		2				4.516	6.77	4.52	3.39	2.26	16.94	

Continuación

16/03/2016	72	1.15		3.34	3.841	38.41	2.146						
17/03/2016	73	1.15		3.47	3.9905	39.905	2.229						
	riego		2				4.375	6.56	4.37	3.28	2.19	16.41	
18/03/2016	74	1.15		3.33	3.8295	38.295	2.139						
19/03/2016	75	1.15		3.4	3.91	39.1	2.184						
20/03/2016	76	1.15		3.58	4.117	41.17	2.300						
	riego		3				6.623	9.93	6.62	4.97	3.31	24.84	
21/03/2016	77	1.15		3.48	4.002	40.02	2.236						
22/03/2016	78	1.15		3.48	4.002	40.02	2.236						
	riego		2				4.471	6.71	4.47	3.35	2.24	16.77	
23/03/2016	79	1.15		3.34	3.841	38.41	2.146						
24/03/2016	80	1.15		3.53	4.0595	40.595	2.268						
25/03/2016	81	1.15		3.32	3.818	38.18	2.133						
26/03/2016	82	1.15		2.95	3.3925	33.925	1.895						
27/03/2016	83	1.15		3.4	3.91	39.1	2.184						
	riego		5				10.625	15.94	10.63	7.97	5.31	39.84	
28/03/2016	84	1.15		3.41	3.9215	39.215	2.191						
29/03/2016	85	1.15		3.54	4.071	40.71	2.274						
	riego		2				4.465	6.70	4.46	3.35	2.23	16.74	
30/03/2016	86	1.15		3.54	4.071	40.71	2.274						
31/03/2016	87	1.15		3.15	3.6225	36.225	2.024						
	riego		2				4.298	6.45	4.30	3.22	2.15	16.12	
01/04/2016	88	1.15		3.33	3.8295	38.295	2.139						
02/04/2016	89	1.15		3.4	3.91	39.1	2.184						
03/04/2016	90	1.15		3.58	4.117	41.17	2.300						
	riego		3				6.623	9.93	6.62	4.97	3.31	24.84	
04/04/2016	91	0.85		3.54	3.009	30.09	1.681						
05/04/2016	92	0.85		3.15	2.6775	26.775	1.496						
	riego		2				3.176	4.76	3.18	2.38	1.59	11.91	
06/04/2016	93	0.85		3.04	2.584	25.84	1.443						
07/04/2016	94	0.85		2.94	2.499	24.99	1.396						
	riego		2				2.839	4.26	2.84	2.13	1.42	10.65	
08/04/2016	95	0.85		3.18	2.703	27.03	1.510						
09/04/2016	96	0.85		3.14	2.669	26.69	1.491						
10/04/2016	97	0.85		2.43	2.0655	20.655	1.154						
	riego		3				4.155	6.23	4.15	3.12	2.08	15.58	
11/04/2016	98	0.85		3.04	2.584	25.84	1.443						
12/04/2016	99	0.85		2.94	2.499	24.99	1.396						
	riego		2				2.839	4.26	2.84	2.13	1.42	10.65	
13/04/2016	100	0.85		3.54	3.009	30.09	1.681						
14/04/2016	101	0.85		3.15	2.6775	26.775	1.496						
	riego		2				3.176	4.76	3.18	2.38	1.59	11.91	
15/04/2016	102	0.85		3.18	2.703	27.03	1.510						
16/04/2016	103	0.85		3.14	2.669	26.69	1.491						
17/04/2016		0.85		2.43	2.0655	20.655	1.154						
	riego		3				4.155	6.23	4.15	3.12	2.08	15.58	
18/04/2016	104	0.85		2.81	2.3885	23.885	1.334						
19/04/2016	105	0.85		2.88	2.448	24.48	1.367						
	riego		2				2.702	4.05	2.70	2.03	1.35	10.13	
								T1	T2	T3	T4	TOTAL m3/ha	
						m3/558.6 m2	278.30	186.54	140.65	94.77			
						m3/ha	4982.14	3339.33	2517.92	1696.52		3133.98	
						mm/ha/campaña	498.21	333.93	251.79	169.65			

Anexo 10: Costo de producción y utilidad neta en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum l. Cv. Katya*). Cañete-2016

ACTIVIDADES	TOTAL JORNAL/ES/ HORAS MAQUINAS	PRECIO UNITARIO S./	PRECIO TOTAL S./
Costos Directos			
I) Preparación del Terreno			
Aradura	1.5	150	225
Gradeo	1.5	150	225
Nivelación	1	150	150
TOTAL S/.			600
II) Labores culturales			
instalación Cubierta cultivo	10	40	400
Riego	11	40	440
Siembra en almacigo	1	40	40
Deshierbo	44	40	1760
Fertilización	8	40	320
Aplicación de plaguicidas	7	40	280
Evaluaciones	2	40	80
Cosecha	20	40	800
TOTAL S/.			4120
III) Insumos			
Agua	4000 m3	0	0
Energía Eléctrica	-	-	3000
Manta térmica	1 rollo	300	300
Semillas	0.25 Kg/ha	120	120
Nitrato de amonio	96.28 Kg	80	160
Fosfato monopotásico	42.97 kg	120	120
Nitrato de potasio	215.8 kg	150	750
Fungicidas			
Mancozeb	3	30	90
Ridomil	2	70	140
Previcur	1	80	80
Benlate	2	50	100
Insecticidas			
Movento	1	800	800
Takumi	1	250	250
Sunfire	1	200	200
Ataque	1	150	150
Hook	3	50	150
Continuación			
Regent	1	100	100

Monofos	1	95	95
Beta Baitroyde	1	120	120
Reto	1	120	120
Affly	1	50	50
Verzus	1	45	45
Match	1	60	60
Tifon polvo	5	6	30
Tifon	1	50	50
Azufre	1	80	80
Foliales			
Abamectin	2	140	280
CaBo	2	120	240
otros			
Acid Color	3	30	90
Proxy	3	30	90
Total S/.			7860
Total Costos directos S/.			13260
Costos indirectos			
Imprevistos	2% CD.		265.2
Gastos administrativos	5% CD.		663
Asistencia técnica	3% CD.		397.8
Total costos indirectos S/.			1326
Total costo producción/ 2500 m2	13838		
Total costo producción/ ha (S/.)	55352		
Rendimiento tomate (Kg/ha)	49417.34		
Ingreso Bruto	114154.04		
Precio venta chacra S/.	1.5		
IGV agrario 15%	7412.60		
Utilidad neta S/.	11361.40		

Anexo 11: Fotos

Foto N° 1: Campo experimental



Foto N° 2: Plántula de tomate al momento del trasplante



Foto N° 3: Planta de tomate a los 25 DDT



Foto N° 4: Flores y fruto de tomate (50 DDT)



Foto N° 5: Frutos cosechados de tomate



Foto N° 6: Clasificación comercial de los frutos de tomate

