



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

**EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DEL CULTIVO DE PAPAYA
(*Carica papaya L.*) CON RIEGO POR GOTEO A
TÉCNICAS DE FERTILIZACIÓN EN LA REGIÓN
SUBTROPICAL DE JUJUY**

FERNANDO JAVIER HIDALGO

Tesis presentada para optar al grado de:

MAGISTER EN RIEGO Y DRENAJE

MAESTRÍA EN RIEGO Y DRENAJE
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
Facultad de Ciencias Agrarias

Febrero – 2024

EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DEL CULTIVO DE PAPAYA
(Carica papaya L.) CON RIEGO POR GOTEO A
TÉCNICAS DE FERTILIZACIÓN EN LA REGIÓN
SUBTROPICAL DE JUJUY

FERNANDO JAVIER HIDALGO

COMITÉ ASESOR:

Directora: Ing. M. Sc. Carina Mabel ARMELLA

COMITÉ EVALUADOR:

Ing. Agr. M. Sc. Débora María LAVANDEROS

Ing. Agr. M. Sc. Roberto Simón MARTÍNEZ

Ing. Agr. M. Sc. Víctor Alfredo MOLLINEDO

Dedicatoria:

Con mucho cariño para mis padres, Oscar Edgar Hidalgo y Linaida Clementina Vega Romero, pilares fundamentales en mi vida.

Agradecimiento:

A mi directora de tesis la Ing. Agr. Carina Armella por guiarme en desde el inicio de mi tesis, por colaborarme en la conclusión de este trabajo.

Un agradecimiento muy especial para el Ing. Agr. José Morábito, que sin su colaboración y asistencia diría que hubiera sido imposible concluir este trabajo, mi mas sincero agradecimiento y cariño.

Al Ing. Agr. Juan Regazzoni, que en su momento siendo director de la EECT-INTA-Yuto, me abrió las puertas de esta institución y me dio la oportunidad de realizar este trabajo de investigación.

A mi familia de Yuto, por los consejos y colaboraciones de mi tío Desiderio y mi primo Bruno Vega y a toda la familia por cobijarme en su hogar los días que me quedaba en este lindo pueblo.

A los ingenieros Martín Castro Rojas, Hugo Fernández, Carlos López Morillo, Arnaldo Tapia, Marcelo Perondi, Carlos Aguirre, por las palabras de aliento en los años que se trabajó en la experimental del Inta Yuto, pero también por haber colaborado de alguna u otra manera, de ejecución de este trabajo.

Agradecimientos también a los Ing. Agr. Ceferino Flores, Silvia Tapia, también a personal de laboratorio Noelia y Elina rueda, Mariela Martínez que me abrieron las puertas del laboratorio del laboratorio y me colaboraron en los y pesajes de suelo, también con los análisis de fruta.

Agradecimientos a Mario Vázquez, Antonio Mayare, Chela Chávez y Cesar Egüéz (auxiliares de campo EECT-INTA-Yuto) que colaboraron en trabajos en campo.

Un especial agradecimiento a mis padres Oscar y Lina, que sin su aliento no hubiera podido concluir este trabajo, a mis hermanos Luciano y Cecilia y a mi novia Ayumi, por apoyarme siempre. Agradecimiento con mucho cariño y eterno a ustedes.

RESUMEN

El cultivo de papaya se expandió en el norte argentino. Algunos productores adoptaron el riego por goteo para evitar periodos de escasez hídrica, pero la mayoría no realiza fertirrigación. Entre 2018 y 2019 se realizó un ensayo con el híbrido Red Lady regado por goteo, en Yuto (Jujuy-Argentina) para evaluar 2 técnicas de fertilización (fertirrigación y fertilización convencional) sobre parámetros: de crecimiento vegetativo (altura de planta, diámetro basal de tallo, área foliar total "AFT"); productivos (rendimiento y calidad) y sanidad del fruto (Antracnosis y Mancha Negra). Los tratamientos -con diseño experimental completamente al azar- tuvieron 5 repeticiones y fueron: T1 (testigo): Sin fertilizar; T2: Fertilización convencional (4 aplicaciones) y T3: Fertirrigación (1 aplicación semanal). La parcela experimental (12m x 14m) tuvo 3 hileras de 7 plantas c/u y 3 plantas centrales como unidad de muestreo. Se controló la humedad del suelo para evitar déficits hídricos. Los datos se analizaron con INFOSTAT 2017, aquellos ajustados a una distribución normal fueron sometidos a análisis de varianza y prueba de comparaciones LSD de Fisher ($p \leq 0,05$) y para los que no se verificaron los supuestos ANOVA se usó la prueba de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$), con contraste de medianas. Se observaron diferencias significativas en AFT. Existió mejor desempeño de T3 vs T1, pero sin diferencias con T2, en: N° de hojas, frutos, frutos abortados por planta; peso del fruto; frutos con Antracnosis y frutos deformes; T2 no se diferenció de T1. T3 logró frutos más largos. Hubo diferencias significativas entre T1 y "T2 - T3" - a favor de estos últimos- pero sin diferencias entre ellos, en: altura de planta; diámetro de tallo y N° de flores por planta. En sólidos solubles totales (SST) se encontraron diferencias entre tratamientos: T2, tuvo mayor cantidad de SST que T3, pero no se diferenció de T1. No hubo diferencias significativas en: N° de flores estériles; tiempo transcurrido a cuaje y a cosecha del primer fruto; diámetro ecuatorial; espesor y firmeza de pulpa e impacto de la Mancha Negra. En resumen, la fertirrigación logró plantas más vigorosas, más productivas y con menor porcentaje de frutos con Antracnosis, por ello resulta ser una técnica favorable para la producción de papaya en Argentina.

Palabras clave: fertirrigación, papaya, fertilización, rendimiento, precocidad.

EVALUATION OF THE PAPAYA CULTIVATION RESPONSE (Carica papaya L.) WITH DRIP IRRIGATION TO FERTILIZATION TECHNOLOGIES IN THE SUBTROPICAL REGION OF JUJUY, ARGENTINA

ABSTRACT

Papaya's cultivation expanded in North Argentina. Some farmers have adopted drip irrigation to avoid water shortage, but most of them don't make fertigation. Between 2018 and 2019 a drip irrigation trial was carried out with "Red Lady" hybrid, in Yuto (Jujuy-Argentina) to evaluate 2 fertilization techniques (fertirrigation and conventional fertilization) on parameters of: vegetative growth (plant height, stem basal diameter, total leaf area "TLA"); yield (quantity and quality) and disease impact on fruit (Anthracnosis and Black Spot). The three treatments: T1 (control): without fertilizing; T2: conventional fertilization (4 applications) and T3: fertirrigation (weekly application), with an experimental design completely at random, were with 5 replications. The experimental plot (12m x 14m) had 3 rows of 7 plants each one and the sampling unit were the 3 centrals. Soil moisture was controlled to avoid water deficits. The data were analyzed with Infostat 2017, those adjusted to a normal distribution were subjected to variance analysis with Fisher test ($p \leq 0.05$) and for those which the supposed anova were not verified, the Kruskal –Wallis ($p \leq 0.05$) test was used, with median contrasts. TLA significant differences were observed. There was a better performance of T3 vs T1, but without statistical differences with T2, in: number of leaves, fruit, plant fruit aborted; fruit weight; fruit with anthracnosis and deformed; T2 did not differ from T1. T3 achieved longer fruit. There were significant differences between T1 and "T2 - T3" – in favor of the latter- but without differences between them, in: plant height; stem diameter and number of flowers per plant. Differences In total soluble solids (SST) between treatments were found: T2, had a greater amount of SST than T3, without differences from T1. There were no significant differences in: number of sterile flowers; elapsed time to fruitset and the first fruit harvested; equatorial diameter; thickness and pulp hardness and impact of black spot. In summary, fertirrigation achieved more vigorous plants, more productive and with a lower percentage anthracnosis in fruit, so it turns out to be a favorable technique for papaya's production in Argentina.

Keywords: fertigation, papaya, fertilization, yield, precocity.

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	<u>Morfología de la planta de papaya</u>	1
1.2.	<u>Importancia del cultivo de papaya.</u>	7
1.3.	<u>La papaya en el mundo</u>	8
1.4.	<u>La papaya en Argentina</u>	11
1.5.	<u>Condiciones climáticas para el cultivo de papaya</u>	14
1.6.	<u>El riego en el cultivo de papaya</u>	15
1.7.	<u>Los nutrientes en el cultivo de papaya</u>	15
2.	OBJETIVO	19
3.	HIPÓTESIS	19
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
4.1.	<u>Sitio del ensayo</u>	20
4.2.	<u>Diseño experimental</u>	23
4.3.	<u>Estudio del perfil del suelo</u>	25
4.3.1.	Análisis físico químico del suelo	26
4.3.2.	Determinación de la capacidad de campo	27
4.4.	<u>Riego</u>	28
4.4.1.	Calidad del agua de riego	28
4.4.2.	Uniformidad del riego	28
4.4.3.	Cálculo de las necesidades de Riego	29
	Donde:	31
4.5.	<u>Fertilización del cultivo de papaya</u>	31
4.6.	<u>Control de humedad en el suelo</u>	33
4.6.1.	Gravimetría	34
4.6.2.	Tensiometría	34
4.7.	Registros fenológicos	36
4.7.1.	Altura de planta	36
4.7.2.	Diámetro basal del tallo	36

4.7.3.	Estimación de área total foliar del árbol de papaya	37
4.7.4.	Número de hojas	38
4.7.5.	Tiempo transcurrido hasta el primer fruto cuajado y cosecha del mismo	38
4.7.6.	Conteo de flores normales y estériles	38
4.7.7.	Conteo de frutos normales, frutos deformes y permanencia o aborto de frutos ..	38
4.7.8.	Rendimiento y calidad del fruto	39
4.8.	<u>Análisis estadísticos</u>	42
5.	RESULTADOS.....	43
5.1.	Suelo	43
5.1.1.	Textura.....	43
5.1.2.	Características físicas químicas del suelo	43
5.1.3.	Determinación de la capacidad de campo gravimétrica	45
5.2.	<u>Riego</u>	46
5.2.1.	Calidad de agua de riego	46
5.2.2.	Uniformidad del riego	47
5.3.	Cálculos de necesidades de riego	47
5.3.1.	Datos climáticos	47
5.3.2.	Evapotranspiración de referencia (ET _o) y de cultivo (ET _c)	49
5.4.	<u>Control de humedad en el suelo</u>	50
5.4.1.	Gravimetría	50
5.4.2.	Registro de humedad con tensiómetros	53
5.5.	Registros fenológicos.....	54
5.5.1.	Altura de planta	54
5.5.2.	Diámetro de tallo	55
5.5.3.	Número de hojas totales por planta	57
5.5.4.	Emisión de hojas nuevas por planta en cada tratamiento.....	58
5.5.5.	Estimación del área foliar total (AFT) del árbol de papaya	59
5.5.6.	Número de flores promedio emitidas por mes de cada tratamiento	60
5.5.7.	Número de flores estériles por mes en cada tratamiento	61
5.7.	Rendimiento y calidad del fruto	63
5.7.1.	Días promedio transcurridos a cuaje y cosecha del primer fruto	63
5.7.2.	Número de frutos por tratamiento	64

5.7.3. Número de frutos deformes por planta por tratamiento	66
5.7.4. Número de frutos abortados por tratamiento	67
5.7.5. Peso, diámetro ecuatorial y longitud del fruto promedio por tratamiento	68
5.7.6. Espesor de la pulpa, firmeza y contenido de Sólidos Solubles Totales	70
5.7.7. Porcentaje de frutos infectados con antracnosis (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>) y severidad del ataque de Mancha negra (<i>Asperisporium caricae</i> (Speg.) Maubl.)	72
6. CONCLUSIONES.....	74
7. BIBLIOGRAFÍA.....	77

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Composición nutricional de papaya: cantidad de nutrientes en 100 gramos de fruta	8
Tabla 2.	Absorción de macronutrientes según la fenología del cultivo de la papaya (Carica papaya L.)	32
Tabla 3.	Determinación de la textura del suelo por el método de Bouyoucos	43
Tabla 4.	Análisis físico químicos del suelo antes (2018) y al finalizar (2020) el ensayo	44
Tabla 5.	Parámetros químicos del agua de riego.....	46
Tabla 6.	Uniformidad de Distribución de riego.....	47
Tabla 7.	Medida de la altura mensual de las plantas de papaya por tratamiento	55
Tabla 8.	Medida mensual del diámetro basal del tallo de las plantas de papaya por tratamiento.....	56
Tabla 9.	Número de hojas totales por planta	57
Tabla 10.	Emisión mensual de hojas nuevas por planta por tratamiento.....	58
Tabla 11.	Emisión mensual acumulada de hojas nuevas por planta y por tratamiento	59
Tabla 12.	Estimación mensual del área foliar total del árbol de papaya	59
Tabla 13.	Registro mensual de número de flores normales por planta.....	60
Tabla 14.	Registro acumulado (enero a octubre) de número de flores normales por planta y en cada tratamiento	61
Tabla 15.	Registro mensual de número de flores estériles por planta y en cada tratamiento	62
Tabla 16.	Registro acumulado (enero a octubre) de número de flores estériles por planta y en cada tratamiento	62
Tabla 17.	Tiempo (días) transcurridos a cuaje y a cosecha del primer fruto por tratamiento	63
Tabla 18.	Registro mensual de frutos por planta en cada tratamiento	65
Tabla 19.	Registro total de frutos tratamiento.....	65
Tabla 20.	Registro mensual de frutos deformes en cada tratamiento	66
Tabla 21.	Registro acumulado (enero a octubre) de frutos deformes en cada tratamiento ..	67
Tabla 22.	Registro mensual de frutos abortados en cada tratamiento	67

Tabla 23.	Registro acumulado (enero a octubre) de frutos abortados en cada tratamiento .	68
Tabla 24.	Peso, diámetro ecuatorial y longitud del fruto por tratamiento.....	69
Tabla 25.	Espesor de pulpa, firmeza de pulpa y contenido de sólidos solubles totales del fruto	70
Tabla 26.	Porcentaje de frutos infectados con antracnosis (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>), severidad de daño por mancha negra (<i>Asperisporium caricae</i> (Speg.)	72

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Flor y fruto femenina (A1 y A2), flor y fruto masculino (B1 y B2) y flor y fruto hermafrodita (elongata perfecta) (C1 y C2).	4
Figura 2.	Flor hermafrodita pentándrica (2A) - fruto hermafrodita pentándrico (2B).....	5
Figura 3.	Flor hermafrodita carpeloide (3A) y fruto de hermafrodita carpeloide (3B)	6
Figura 4.	Flor estéril (4A) y planta con abortos (franja sin frutos) (4B).....	7
Figura 5.	Evolución de la producción de los principales cultivadores mundiales de papaya de 2010 - 2020. Fuente: (Faostat, 2020).	9
Figura 6.	Superficie cultivada con papaya en provincias de Argentina. Fuente: (Aguirre, 2016).....	12
Figura 7.	Ingreso de papaya al Mercado Central de Buenos Aires MCBA. Fuente: (Aguirre et al, 2017).	13
Figura 8.	Ubicación del ensayo: Cultivo de papaya híbrido Red Lady (Carica papaya L.) en la Estación Experimental de Cultivos Tropicales INTA – Yuto, localidad de Yuto, Provincia de Jujuy, Argentina.	20
Figura 9.	Siembra de semillas de papaya en los macetines de bolsa.....	21
Figura 10.	Plántulas de 3 semanas posteriores a su siembra.	22
Figura 11.	Trasplante a campo, 16 de octubre de 2018, Estación Experimental de Cultivos Tropicales – Yuto, provincia de Jujuy.	23
Figura 12.	Detalle de la unidad experimental de muestreo	24
Figura 13.	Diseño del ensayo de papaya completamente aleatorizado (DCA).....	25
Figura 14.	Calicata realizada en agosto de 2018, al lado del árbol de papaya para evaluar desarrollo radicular	26
Figura 15.	Determinación de la densidad aparente por el método del cilindro.....	26
Figura 16.	Batea preparada para realizar determinación de capacidad de campo por el método de (Grassi, 1998).	28
Figura 17.	Aplicación de fertilizantes de forma convencional	33
Figura 18.	Tensiómetros ubicados en el estrato de 0 – 30 cm y de 30 – 60 cm.	34
Figura 19.	Estaciones de tensiómetros A y B para el control de la humedad del suelo.....	35
Figura 20.	Planta de papaya a los 3 meses después de trasplante	37

Figura 21.	Estados de madurez de papaya variedad “Maradol Roja”, que indican el color de la cáscara y la pulpa. V: Fruto verde sin franja amarilla; 1. Fruto verde claro con una ligera franja amarilla en la pulpa; 2: Fruto verde con una franja amarilla bien definida 3: Fruto verde con una o más franjas anaranjadas; 4: Fruto con cáscara anaranjada con algunas áreas verdes; 5: Fruto de color anaranjado característico de la variedad; 6: Fruto de color similar al estado 5 pero más intenso. Fuente: Santamaría Basulto <i>et al.</i> (2009 ^a).	39
Figura 22.	A) Cortes a la fruta de papaya en 4 porciones para posterior proceso de medición de sólidos solubles totales (SST), B) herramientas y utensilios como exprimidor, regla, calibre y penetrómetro.	40
Figura 23.	Escala esquemática para la evaluación de severidad del hongo <i>Asperisporium caricae</i> (Speg.) Maubl. en frutos de papaya que indica niveles de 0,1; 0,3; 0,6; 1,2; 2,5; 5,0; 10,0 y 20,0%.	41
Figura 24.	Valores de contenidos hídricos del suelo y curva de retención hídrica ajustada. ...	45
Figura 25.	Temperaturas máxima, mínima y media mensual (°C), lluvia registrada durante el ensayo (octubre 2018 a diciembre 2019) y lluvia media histórica (2004 – 2018) de la Estación Experimental de Cultivos Tropicales EECT – INTA YUTO.	48
Figura 26.	Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET _o), evapotranspiración del cultivo (ET _c), lámina de riego aplicada y precipitaciones registradas en función del tiempo en la EECT – INTA YUTO.	50
Figura 27.	Contenido de humedad del suelo (0 a 30 cm) obtenida por gravimetría y en cada tratamiento.	51
Figura 28.	Contenido de humedad del suelo (30 a 60 cm) obtenida por gravimetría y en cada tratamiento.	52
Figura 29.	Humedad gravimétrica promedio de los 3 tratamientos, separados por la profundidad de muestreo.	52
Figura 30.	Registro del potencial hídrico del suelo a través de los tensiómetros colocados en dos puntos del lote de ensayo y a dos profundidades diferentes (0 – 30 cm y 30 – 60 cm) desde febrero a agosto de 2019.	53

1. INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya L.*) es una especie herbácea tropical, su origen sigue siendo muy discutido, algunos autores afirman que sería de América Central (García, 2010; Terra de Almeida et al., 2003), sin embargo, hay otros autores que sostienen que el origen de este cultivo sería de la región amazónica (Dianese et al., 2008; Santamaría Basulto et al., 2015).

Distribuida en todos los países tropicales y subtropicales del mundo, la papaya es un fruto tropical muy consumido y, por lo tanto, uno de las más importantes desde el punto de vista económico y social, al ser una fuente de ingresos para miles de familias y, al mismo tiempo, medio de captación de divisas para los países en vías de desarrollo en América, África y Asia. (Evans & Ballen, 2012; Juárez, 2013; Valencia Sandoval et al, 2017; Altendorf, 2018).

Esta planta se clasifica taxonómicamente dentro del orden Violales, suborden Caricineae, familia Caricaceae. Esta familia posee 34 especies comprendidas en cinco géneros. El género *Carica* cuenta con 22 especies, de las cuales *C. papaya* es la única con importancia comercial. (Ming et al. 2007; Chang, 2009; Jayavalli et al., 2011; Sudha et al., 2013; Ruiz Díaz et al., 2020)

1.1. Morfología de la planta de papaya

La planta de papaya es herbácea y puede alcanzar de 8 a 10 metros de altura, tiene el tallo hueco a excepción de los nudos (Jiménez Díaz, 2002; Bastidas Reyes, 2006; Campostrini & Glenn, 2007).

Es un cultivo frutal relativamente precoz, su etapa vegetativa termina a los 2,5 - 3 meses de trasplantada a campo, de ahí en adelante comienza la floración hasta los 8 meses y finalmente desde los 8 o 9 meses en adelante se cosecha en forma continua hasta los 20 – 24 meses. En plantaciones comerciales es recomendable cambiar el cultivo a los dos años, ya que las frutas y las hojas disminuyen de tamaño y tienden a secarse, además de que la planta adquiere mucha altura y ello dificulta las labores culturales,

aumentando así los problemas fitosanitarios y disminuyendo la producción. (Bogantes Arias et al., 2011; Hueso Martín et al., 2015; Aguirre et al., 2016).

Hojas. Las hojas son palmeadas y lobuladas, se presentan dispuestas en espiral a lo largo del tallo. En la parte apical de la planta se desarrollan constantemente nuevas hojas, y a medida que el tallo va creciendo, las hojas viejas maduran y caen, este fenómeno deja libre el espacio en que ha de desarrollarse el fruto, la planta por lo general se mantiene con 15 hojas maduras, las hojas viejas abscisionan y son continuamente renovadas por otras nuevas en un rango de 2 a 3 por semana (Nakasone & Paull, 2004; Vázquez García et al., 2010; Hueso Martín et al., 2015).

Sistema radical. El sistema radical de la papaya es pivotante, fibroso y de color blanquecino, compuesto de una raíz principal de 0,5 a 1 metro de largo y raíces laterales poco profundas (primeros 20 cm del suelo) que se extienden en un radio de hasta 1,80 m del eje de la planta: Las raíces más finas se localizan a una distancia de 80 - 90 cm del tallo (Jiménez Díaz, 2002; Terra de Almeida et al., 2003).

Flores y frutos. La papaya presenta tres tipos sexuales de flores: femeninas, masculinas y hermafroditas que producen o no frutos de diferentes calidades comerciales (Vasquez Garcia et al., 2010; Bogantes Arias et al., 2011; Aspeitia Echeagaray et al., 2014).

Flor femenina: Son flores que carecen de estambres, con un ovario ovoide de forma cónica que termina en un estigma pentalobulado. Este tipo de flores no producen polen, lo que significa que necesita del polen de flores masculinas y hermafroditas, para poder realizar la fecundación. Sin embargo, es importante agregar que los frutos tienen potencial partenocárpico, es decir pueden desarrollarse sin polinización. (Ming et al., 2007; Aryal & Ming, 2014). Los frutos derivados de esta flor son generalmente esféricos o ligeramente ovoides (Fig. A1 – A2) la sección transversal de este fruto es circular o ligeramente lobulado y muestran un hueco interior con pocas o ninguna semilla. En algunos países estos frutos se comercializan, aunque no son los más demandados (Annegowda & Bhat, 2016; Hueso Martín et al., 2015). Es importante aclarar que, en nuestro país en el mercado de fruta fresca, aún no están diferenciadas las frutas femeninas y hermafroditas.

Flor masculina: Son flores estaminadas con diez estambres funcionales y ovario completamente ausente que se agrupan en una inflorescencia. En ocasiones aparecen flores hermafroditas que llegan a formar frutos pequeños sin valor comercial, con pedúnculos notoriamente largos (Fig. B1 y B2) (Jiménez Díaz, 2002; Páez Redondo, 2003; Terra de Almeida et al., 2003; Facho A., 2004; Gil & Miranda, 2005; Peres Marteletto, 2007; Vásquez García et al., 2010).

Las flores hermafroditas pueden ser clasificadas a su vez en 4 grupos: pentándricas, intermedias, estériles y alargadas. Los dos primeros tipos de flores dan lugar a frutos deformados, sin valor comercial y conocidos como frutos pentándricos y carpeloideos respectivamente y sólo las alargadas (elongata) producen frutos perfectos y de calidad comercial (Fig. C1 y C2) (Jiménez Díaz, 2002; Gil & Miranda, 2005; Vásquez García et al., 2010; Hueso Martín et al., 2015).





Figura 1. Flor y fruto femenina (A1 y A2), flor y fruto masculino (B1 y B2) y flor y fruto hermafrodita (elongata perfecta) (C1 y C2).

Figure 1: Female flower and fruit (A1 and A2), male flower and fruit (B1 and B2), and hermaphrodite (perfect elongate) flower and fruit (C1 and C2).

La aparición de flores imperfectas está relacionado a constituyentes genéticos, los cuales son afectados por factores ambientales. Las plantas con flores hermafroditas son sensibles a las pequeñas variaciones ambientales. Lugares de mayor altitud y menor temperatura presentan mayor frecuencia de carpeloidia. De la misma forma, las condiciones de alta humedad, altos contenidos de nitrógeno y de agua en el suelo

tienden a cambiar el sexo de las flores hermafroditas a femeninas, produciendo frutos deformes (Armella, 2017).

Flor hermafrodita: como ya se comentó hay distintos tipos de flores hermafroditas, a saber:

Hermafrodita pentándrica: Son de forma cónica con cinco estambres funcionales situados en la base de la flor y un ovario globoso con cinco surcos bien marcados y distribuidos regularmente (Fig. 2A). Este tipo de flor da lugar a frutos globosos y asurcados, que son poco apreciados comercialmente (Fig. 2B) (Peres Marteletto, 2007; Vásquez García et al., 2010; Hueso Martín et al., 2015).

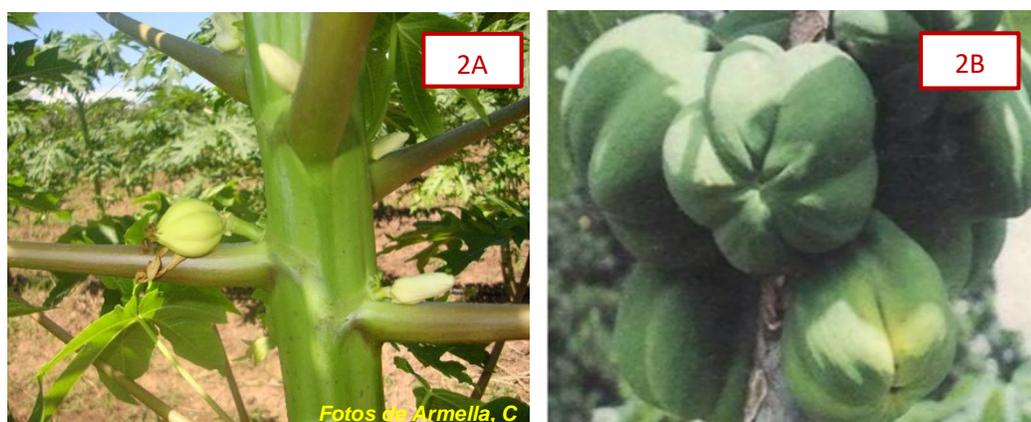


Figura 2. Flor hermafrodita pentándrica (2A) - fruto hermafrodita pentándrico (2B)

Figure 2: Pentandrous hermaphrodite flower (2A) - Pentandrous hermaphrodite fruit (2B)

Hermafrodita carpeloide o “cara de gato”: Son flores hermafroditas deformes, con 6 a 9 estambres funcionales y un ovario irregularmente rugoso (Fig. 3A). Los pétalos están soldados hasta un tercio de su longitud. El fruto derivado de esta flor tiene igual aspecto que el ovario ya descrito; el tercio basal es un tallo de cono y el resto de una media esfera o hueco con lóbulos o surcos longitudinales que le dan un aspecto característico de "cara de gato". Estos frutos no son comerciales y son llamados "cara de gato" (Fig. 3B) (Arango Wiesner et al., 1999; Vásquez García et al., 2010; Hueso Martín et al., 2015).



Figura 3. Flor hermafrodita carpeloide (3A) y fruto de hermafrodita carpeloide (3B)

Figure 3: Hermaphrodite carpelloid flower (3A) and hermaphrodite carpelloid fruit (3B)

Hermafrodita Elongata: Son flores hermafroditas con diez estambres funcionales dispuestos en dos series fusionados en la base y un ovario liso y alargado, no cónico, que resulta en flores tubulares de menor diámetro con un estrechamiento (cintura) en la zona media (Fig. 1). En esta flor los pétalos se sueldan, en más de un tercio de su longitud, formando una corola gamopétala regular, con un limbo de cinco lóbulos libres del pistilo, excepto en la base. Aparecen siempre en racimos con pedúnculos cortos. Los frutos procedentes de estas flores tienen generalmente forma piriforme y son los más demandados por el mercado (Fig. 1 - C1 y C2).

Hermafrodita estériles o "trompetilla": Son flores hermafroditas que tienen diez estambres funcionales pero con un pistilo rudimentario y sin estigma (Fig. 4A) por lo cual no producen frutos y generan huecos productivos (Fig. 4B) (Jiménez Díaz, 2002; Páez Redondo, 2003; Terra de Almeida et al., 2003; Facho A., 2004; Gil & Miranda, 2005; Peres Marteletto, 2007; Vásquez García et al., 2010; Rodríguez Pastor et al. 2010; Colina Coral, 2013; Hueso Martín et al., 2015; Santamaría Basulto et al., 2015; Annegowda & Bhat, 2016; Armella, 2017).

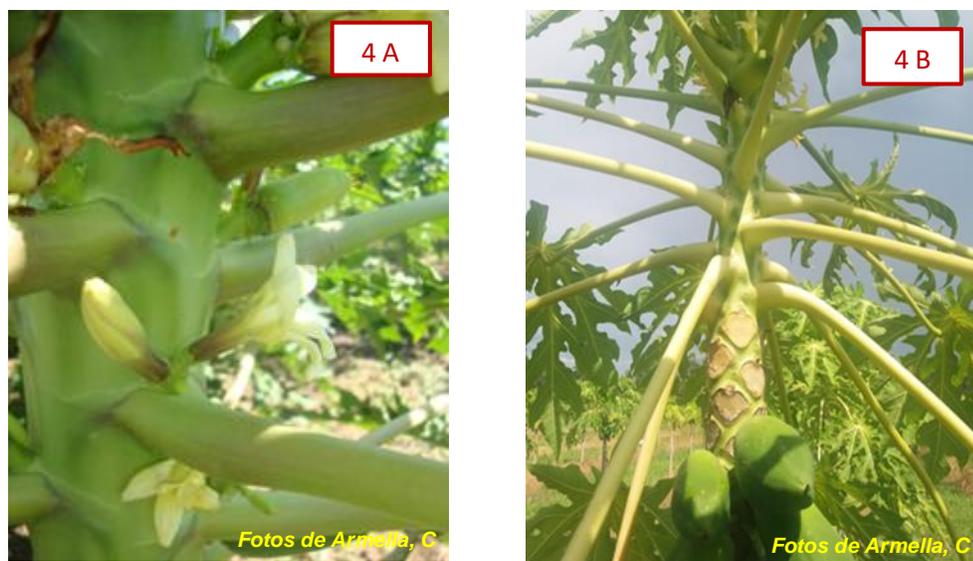


Figura 4. Flor estéril (4A) y planta con abortos (franja sin frutos) (4B)

Figure 4: Sterile flower (4A) and plant with abortions (fruitless strip) (4B)

De los tipos de flores hermafroditas mencionados, los frutos que provienen de las flores hermafroditas tipo “elongata”, son los más comerciales, (Mirafuentes Hernández y Santamaría Basulto, 2014; Chango Chipantiza et al., 2018).

1.2. Importancia del cultivo de papaya.

El cultivo ha experimentado -en los últimos años- un crecimiento en todo el mundo debido a la demanda de los consumidores por sus propiedades nutritivas, medicinales y agradable sabor (García, 2010). Es una fruta rica en vitamina C, A y E, betacaroteno, magnesio, potasio, zinc, calcio, ácido fólico y fibra (ver tabla 1) (Vij & Yash, 2014).

Se la consume directamente como fruta fresca o industrializada como dulces, jugos y fruta abrillantada, entre otros usos posibles. Además, también se utiliza la papaína, una enzima que se extrae del látex de los frutos inmaduros. Se han reportado propiedades terapéuticas derivadas del consumo de la papaya en el alivio de los síntomas de la diabetes, además de su uso como laxante, antibiótico y antibacteriano (Ceverio et al., 2010; Evans & Ballen, 2012; Juárez, 2013; Valencia Sandoval et al, 2017; Altendorf, 2018).

La enzima proteolítica presenta un gran potencial de industrialización en el área farmacéutica, culinaria, médica e industria cervecera (Casaca, 2005; Chaves Bedoya et

al., 2009; Collavino et al., 2016). La tabla 1 presenta la composición nutricional de la fruta de papaya.

Tabla 1. Composición nutricional de papaya: cantidad de nutrientes en 100 gramos de fruta

Table 1: Nutritional composition of papaya: nutrient content in 100 grams of fruit

Nutrientes	Unidad	Valor cada 100 gramos
Agua	g	88,83
Energía	Kcal	39
Proteínas	g	0,61
Grasa total	g	0,14
Carbohidratos	g	9,81
Fibra dietética	g	1,8
Azúcares	g	5,9
Calcio	mg	24
Hierro	mg	0,1
Magnesio	mg	10
Fósforo	mg	5
Potasio	mg	257
Zinc	mg	0,07
Vitamina A	UI	1094
Betacaroteno	mcg	276

Fuente: USDA National Nutrients Database for Standard Reference, Release 17 (2004).

1.3. La papaya en el mundo

De las principales frutas tropicales, la papaya ha tenido un crecimiento prometedor en el último decenio (Altendorf, 2018; García, 2010). La producción mundial del año 2018 fue un 18,5% más que en 2010 (10,8 millones de toneladas). Los mayores importadores de

este cultivo en América son los Estados Unidos de Norteamérica y Canadá (Evans & Ballen, 2012).

Según FAO (2020) las principales frutas tropicales son: mango, piña, aguacate y papaya. Se estima que la producción mundial de las principales frutas tropicales rondó los 100,2 millones de toneladas en 2018. La papaya posee el 14% de la producción mundial y alcanzó una cifra estimada de 13,6 millones de toneladas en 2018. El ritmo de crecimiento anual medio fue del 3% a lo largo del último decenio. Con respecto a la distribución regional, se estima que en 2018 el 60% de la producción mundial de papaya se originó en Asia; el 29%, en América Latina y el 10%, en África. La India, el mayor productor de papaya del mundo, con una proporción estimada de la producción del 48% en 2018, experimentó un crecimiento de aproximadamente un 10% en comparación con 2017, debido a los incrementos de la superficie cosechada. La producción en el Brasil, segundo mayor productor mundial, descendió por cuarto año consecutivo en 2018, debido a condiciones meteorológicas adversas. En 2018 la producción de papaya del Brasil cayó a 890.000 toneladas aproximadamente y la misma se destinó principalmente al mercado nacional (Fig. 5).

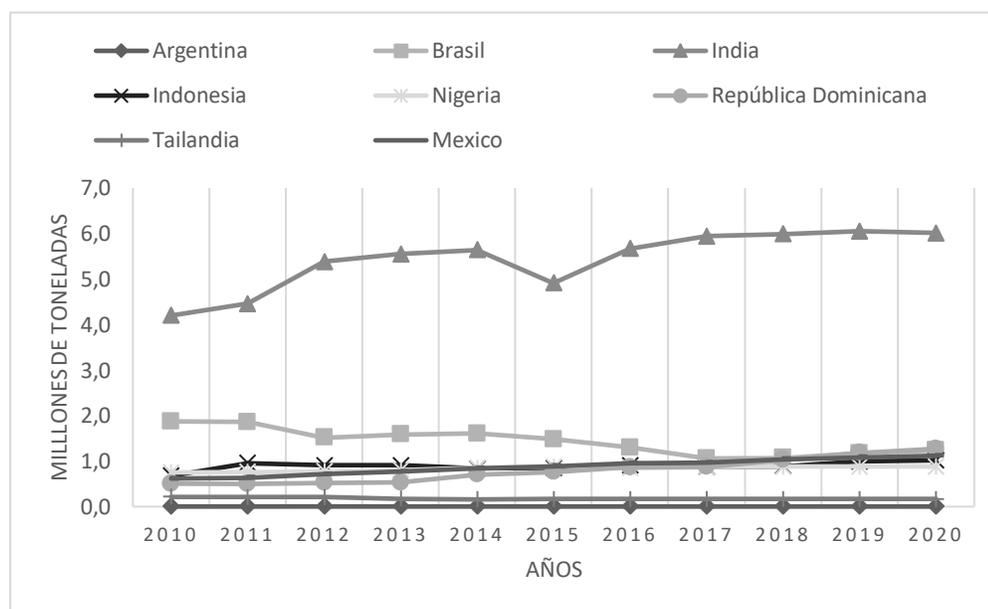


Figura 5. Evolución de la producción de los principales cultivadores mundiales de papaya de 2010 - 2020. Fuente: (Faostat, 2020).

Figure 5: Evolution of the production of the world's leading papaya cultivators from 2010 to 2020. Source: (Faostat, 2020).

También FAO (2020) indica que las exportaciones mundiales de papaya cayeron hasta una cifra estimada de 284.000 toneladas en 2018, un descenso anual del 10% en comparación con 2017. Las lluvias excesivas en México, el principal proveedor internacional, afectaron la cantidad y la calidad de los suministros. México totalizó aproximadamente el 55% de las exportaciones mundiales de papaya en 2018. Las exportaciones de México se destinan casi exclusivamente a los Estados Unidos de América, que recibieron un 99% de las papayas mexicanas en 2018.

Los frutos de papaya presentan diversos problemas fitosanitarios tales como plagas y enfermedades virales y fungosas de gran importancia mundial. En las regiones tropicales y subtropicales a nivel mundial, se señala a la Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) y a la Mancha Negra o Viruela de la papaya (*Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl) como las principales limitantes fitopatológicas de los frutos de papaya postcosecha, causando considerables pérdidas en la producción (Torres, 2000).

El hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, se presenta principalmente en el fruto, inicia con manchas pequeñas y redondas, tornándose acuosas y de color oscuro cuando está en estado avanzado. El daño aumenta proporcionalmente al grado de madurez. Además de provocar daño superficial, la lesión también penetra en el fruto. El hongo también ataca los pecíolos de las hojas inferiores. Las lesiones son de un color rosado anaranjado en el centro de la lesión y alrededor se forman aros concéntricos; la pulpa va tomando un sabor amargo (Arango Wiesner et al., 1999; Acosta Ramos et al., 2000; Torres, 2000; Zavala-León et al., 2005; Ortiz Cardona, 2010; Vasquez Garcia et al., 2010; Bogantes et al., 2013).

El hongo *Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl. -también llamado mancha negra o viruela de la papaya- provoca manchas en hojas y frutos. Las manchas foliares visibles en ambas superficies de las hojas son negras, circulares o a veces angulares, de 1 hasta 5 mm de diámetro. La mancha negra es la principal enfermedad fúngica foliar de la papaya, ya que puede causar daños severos en ausencia de control. Las plantas muy afectadas pueden perder del 50% al 60% de sus hojas y la incidencia de la enfermedad en frutos alcanzar casi el 100%. Las lesiones en los frutos afectan la apariencia, depreciando el valor de mercado, además de facilitar la infección por patógenos postcosecha (Cumagun & Padilla, 2007; Dianese et al., 2008; Vivas et al., 2010; Vasquez Garcia et al., 2010;

Bogantes et al., 2013; Valentim Martins et al., 2012; López R. et al., 2015; Flores et al., 2016; Barroso Chagas et al., 2018).

Los precios al por mayor en los Estados Unidos de América permanecieron prácticamente sin cambios en 6,4 USD.kg⁻¹ durante 2018. Para el año 2021 fue de 5,59 USD.kg⁻¹ al año siguiente, el 2022 continuó con un leve descenso en el precio, con unos 5,13 USD.kg⁻¹. Los valores al por mayor fueron variando en los últimos años alrededor de los ±7000 a ±5000 dólares americanos la tonelada (FAO, 2023; Cañada, 2023).

1.4. La papaya en Argentina

La fruticultura tropical en la región del noroeste argentino (NOA), tuvo en los últimos años una amplia difusión y adopción como actividad alternativa a los cultivos tradicionales, como lo son las hortalizas y los cítricos, permitiendo de este modo la ocupación de mano de obra, maquinarias, infraestructura, etc., durante todo el ciclo anual, haciendo más eficiente el uso de los recursos y generando más ingresos, cumple así un rol muy importante en las economías regionales a lo largo de toda la cadena, desde la producción primaria hasta las industrias elaboradoras de alimentos, jugos, aceites, esencias y dulces; convirtiéndola en una actividad competitiva y con enorme potencial para la zona (Aguirre, 2016; Aguirre et al, 2017).

Las principales especies tropicales que se cultivan en la región subtropical de Salta y Jujuy son: banana, palta, mango, papaya, ananá y otros frutales de menor escala como es el caso del maracuyá. En total alcanzan una superficie cultivada de 4.782 ha.

En el país, al igual que en el resto del mundo, el consumo de papaya y su producción también fue en aumento. En el año 2015 se cosecharon 2.145 toneladas y la producción se concentraba en la región noreste y noroeste (Aguirre et al. 2017). En el NOA el 60 % de esta producción se destina a industria con la utilización de variedades del grupo Formosa, predominantemente Red Lady en un 50 % y Maradol en un 30 % (Aguirre, 2016; Aguirre et al., 2017).

En Argentina, el cultivo de papaya se concentra en el NEA y NOA, con aproximadamente unas 480 hectáreas de superficie implantada. Misiones lidera la producción nacional con 360 hectáreas de cultivo, le sigue Jujuy con 40 ha, Salta con 34 ha, (Fig. 6) Formosa y Corrientes con 20 ha respectivamente (Molina, 2016; Aguirre C., 2016; Sánchez, 2020). En el NOA se reconocen dos tipos de sistemas de producción: los minifundios, donde el principal destino es forrajero, y las plantaciones comerciales, que se encuentran

orientadas principalmente a la industria y en menor proporción, al mercado en fresco. En general los productores cuentan con una superficie de 0,5 a 5 hectáreas y muy pocos superan las 15 ha (Peralta y Livertotti., 2017; Ceverio et al., 2010).

En el NOA la producción de papaya está concentrada en pequeños y medianos productores que se encuentran en Orán y San Martín, departamentos de Salta, y en Ledesma, San Pedro y Santa Bárbara en Jujuy. El 76 % de estos productores poseen plantaciones para autoconsumo y ocasionalmente destinan la producción al mercado local. Por el contrario, el 24 % restante produce papaya con destino comercial, ya sea para industria (90 %) o como fruta fresca (6,5 %) (Aguirre et al., 2016; Aguirre et al. 2017; Armella, 2017).

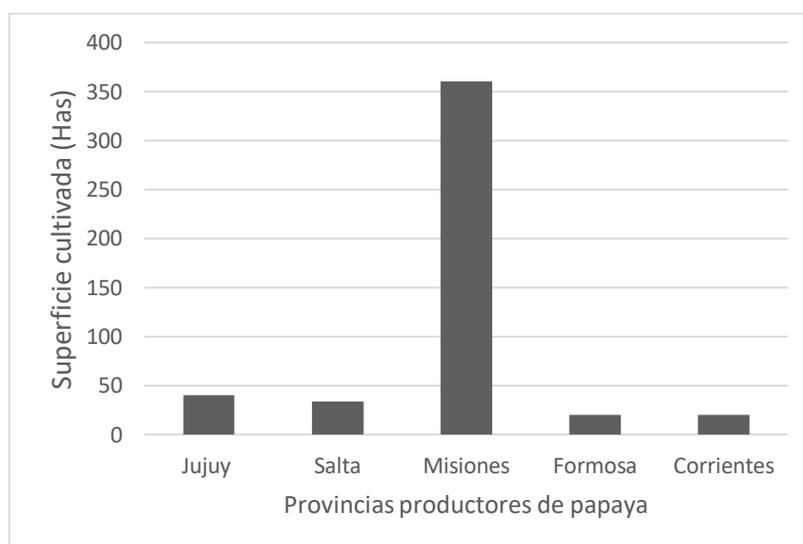


Figura 6. Superficie cultivada con papaya en provincias de Argentina. Fuente: (Aguirre, 2016).

Figure 6. Cultivated area with papaya in provinces of Argentina. Source: (Aguirre, 2016).

Durante el 2016 el ingreso de dicho fruto al Mercado Central de Buenos Aires fue de 390 Tm, de las cuales las provincias de Salta y Jujuy aportaron el 77% (Aguirre et al., 2017). Hace unos pocos años atrás, solo se comercializaba este fruto en los centros urbanos cercanos a los lugares de producción. Ceverio (2010) afirma que los mercados de los grandes centros poblados, como Buenos Aires (Mercado Central de Buenos Aires) y Córdoba, eran abastecidos casi en su totalidad por papaya proveniente principalmente de Brasil. En estos últimos años casi un 60% de la fruta de los grandes mercados

mencionados, es producción nacional, en su mayoría de la provincia de Jujuy (Peralta y Liverotti, 2017).

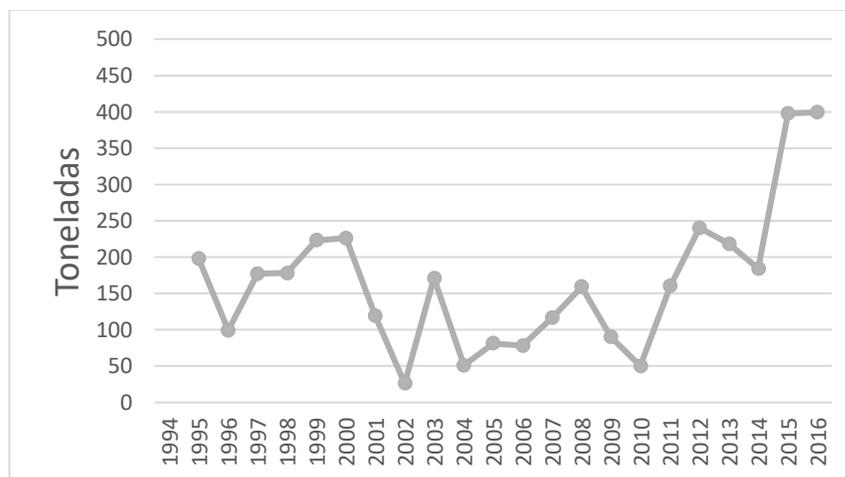


Figura 7. Ingreso de papaya al Mercado Central de Buenos Aires MCBA. Fuente: (Aguirre et al, 2017).

Figure 7: Papaya entry to the Central Market of Buenos Aires (CMBA). Source: (Aguirre et al., 2017).

La papaya se difundió entre los productores de la zona por su ciclo de cultivo relativamente corto y rápido retorno del capital, ya que entre los 8 y 10 meses de su implantación se pueden cosechar los primeros frutos. En la región subtropical de Salta y Jujuy, se viene trabajando con variedades como Mulata, Maradol y Red Lady, estos últimos dos, tuvieron muy buena adaptación a las condiciones del lugar (Armella, 2017). En un ensayo realizado en 2016 – 2017, en la Estación Experimental de Cultivos tropicales – INTA YUTO (Jujuy) el híbrido Red Lady en una densidad de 2000 plantas ha^{-1} , tuvo un rendimiento de 32 Kg planta $^{-1}$ bajo condiciones cobertura de malla con protección UV y para condiciones de campo este mismo híbrido tuvo un rendimiento de 14 Kg planta $^{-1}$, los frutos en este ensayo se comenzaron a cosechar aproximadamente a los 8 meses desde el trasplante y el tiempo de cosecha fue de un año (Armella et al., 2019).

Con la expansión de la superficie implantada en los últimos 20 años, fueron surgiendo demandas de los productores quienes se encuentran con limitaciones a la hora de implantar este frutal, como por ejemplo: escasa disponibilidad de material genético adaptado a la condición climática de la zona, poca infraestructura tecnológica a nivel

predial, baja demanda del producto para el consumo en fresco, poca o nula información sobre fito-sanidad, riego, planes de fertilización y manejo del cultivo en postcosecha (Armella, 2017; Flores C., 2016).

1.5. Condiciones climáticas para el cultivo de papaya

La producción de papaya en el país es marginal, comparada con la producción de otros países latinoamericanos, gran parte de la producción se destina a industria, debido a que la fase de maduración exige que el ciclo del cultivo se extienda más allá de mayo y la temperatura en los meses posteriores desciende levemente hasta alcanzar temperaturas que afectan a la planta, hojas, flores y frutos, por lo que la fruta no llega al estado de madurez para su consumo en fresco (Molina et al., 2014; Collavino et al., 2016).

Las temperaturas óptimas para el desarrollo de la papaya oscilan entre 21 y 33°C (Campostrini & Glenn, 2007; Vásquez García et al., 2010). Este frutal es muy sensible a las bajas temperaturas, en especial los híbridos con alto porcentaje de flores hermafroditas como Red Lady. Cuando las temperaturas son menores a 17°C durante la floración, los estambres de las flores se fusionan con los carpelos del ovario, provocando frutos deformes (carpeloides y pentándricos), sin valor comercial (Vásquez García et al., 2010). Por su parte Nakasone & Paull, (2004) sostienen que temperaturas menores de 15 °C, por varias horas, afectan seriamente a la producción. En genotipos precoces la cosecha de frutos se da a partir de los ocho meses después del trasplante, pasado estos meses la maduración y formación de frutos continua todo el año, pero se ve afectada por las condiciones agroclimáticas de la zona y las bajas temperaturas afectan dichas etapas fenológicas de la planta (Gomes Oliveira et al., 2009; Collavino et al., 2016; Armella, 2017).

En los últimos años algunos productores han incorporado tecnología como, por ejemplo, estructuras simples y coberturas plásticas, mantas térmicas, etc. También apostaron por el uso de sistemas de riego (Armella, 2017).

Estudios recientes han demostrado que la planta de papaya debido a su buena productividad requiere también de altas aplicaciones de nutrientes y riegos oportunos (Cunha y Haag, 1980; Gomes Oliveira et al., 2004; Bogantes, 2011) para lograr una óptima producción y acelerar la cosecha (Singh et ál. 2010, Kumar et ál. 2010; Fallas et

al., 2014), también es muy importante disponer de información de la precocidad, porque sería una estrategia interesante para los productores cosechar frutos antes o después y no verse perjudicados por la llegada de las bajas temperaturas.

1.6. El riego en el cultivo de papaya

Déficit hídrico en la papaya. La papaya no tolera el déficit hídrico prolongado, esta deficiencia hídrica favorece la producción de flores masculinas y por ende la reducción del número de frutos, en términos generales la papaya requiere de 1000 a 2000 mm anuales de agua (Terra de Almeida et al., 2003; Vásquez García et al., 2010). La respuesta al riego es significativamente positiva en aquellas zonas donde las precipitaciones son bajas o están concentradas en una época del año (Martínez Varona et al., 2009; Chaterlán et al., 2011).

Exceso de agua en la papaya. A su vez el exceso de agua puede causar encharcamiento en la zona de raíces, disminuyendo la aireación del suelo contribuyendo así, a la aparición de enfermedades fúngicas, además podría producir la lixiviación de nutrientes (Campostrini & Glenn, 2007; Dos Santos et al., 2008; Carvalho et al., 2010). Con el riego por goteo se puede lograr atenuar las deficiencias y excesos de agua en el suelo. Este método, permite aplicar pequeñas cantidades de agua directamente a la zona radicular impulsando el crecimiento de la planta, manteniendo una adecuada humedad en el suelo (De Almeida Souza et al., 2005; Bermejillo, 2017). También permite: a) reducir pérdidas de agua por infiltración, b) obtener una elevada uniformidad de aplicación, c) utilizar aguas de baja calidad, mediante el uso de mejoradores químicos, d) disminuir el costo de mano de obra y principalmente e) aplicar fertilizantes mediante el mismo sistema de riego (fertirrigación) (Armengol, 1997; Mellado Vázquez et al., 2005; Schilardi, 2017).

1.7. Los nutrientes en el cultivo de papaya

El uso de fertilizantes es muy importante en las plantaciones de papaya ya que el cultivo extrae grandes cantidades de nutrientes del suelo sobre todo al tratarse de variedades precoces y de alta productividad (Marinho et al., 2008; Da Silva Junior et al., 2016).

Nitrógeno (N). Es el macro elemento que fomenta el desarrollo vegetativo, no pudiendo faltar en los primeros 5 a 6 meses después del trasplante (Gomes Oliveira et al., 2009). Según Velasco Souza et al., (2007) y Marinho et al., (2008) el nitrógeno está relacionado con los aumentos en la productividad de la papaya.

Potasio (K). Es requerido de forma constante y creciente durante todo el ciclo de la planta. Activa enzimas que son esenciales en la fotosíntesis, respiración, también para formar azúcares y proteínas. Tiene participación en diversos procesos fisiológicos como la turgencia celular, apertura y cierre de estomas (De Araujo Viana et al., 2008; Vásquez García et al., 2010; Correia dos Anjos et al., 2015). Posee mucha importancia durante la fase de floración y fructificación, su uso proporciona frutos más grandes, con niveles más altos de sólidos solubles totales que proporcionan mejor calidad del fruto (De Araujo Viana et al., 2008; Gomes Oliveira et al., 2009). Por otro lado, aplicaciones excesivas de potasio pueden inhibir la absorción de Ca y Mg, así como disminuir la asimilación del fósforo, llegando, muchas veces a causar la deficiencia de estos nutrientes, teniendo efectos negativos en la planta (De Araujo Viana et al., 2008).

Calcio (Ca). El calcio es el tercer nutriente más requerido por la papaya, se acumula en forma creciente y uniforme, promoviendo el crecimiento y la multiplicación de las raíces. La deficiencia de este nutriente es responsable del ablandamiento de la pulpa en el fruto, ocasionando menor resistencia al transporte, por ende, menor vida útil y comercialización (Gomes Oliveira et al., 2004; Gomes Oliveira et al., 2009; Nascimento dos Santos, 2011).

Magnesio (Mg). Actúa en la síntesis de proteína y en la activación de muchas enzimas. Es también un componente indispensable de la molécula de clorofila, participa, por tanto, de los procesos de fotosíntesis, además de auxiliar en la absorción y translocación del fósforo (Gomes Oliveira et al., 2004; Dos Santos, 2011).

La fertirrigación se torna necesaria en los lotes implantados con el riego localizado, puesto que la fertilización convencional (aplicación de fertilizantes sólidos directamente al pie de la planta) es ineficiente en este sistema, principalmente por el mayor requerimiento de humedad en el suelo para la asimilación de los elementos nutritivos. El fertirriego permite el uso de bajas dosis y altas frecuencias de aplicación de fertilizantes,

permitiendo transformar terrenos áridos y pedregosos en superficies altamente productivas (Armengol, 1997). La fertirrigación, al igual que la fertilización convencional precisan de un alto grado de sofisticación y estudio para dosificar los fertilizantes, debido a que se deben ajustar a la fenología y a las necesidades nutricionales del cultivo (Bermejillo, 2017). Es importante considerar algunos aspectos, como la solubilidad de determinados fertilizantes en agua, posibles reacciones en la mezcla de fertilizantes, la obturación de los goteros por intrusión de raíces y por sobre todo el alto costo inicial de la infraestructura (Velázquez Chávez, 1998).

En diversos países del continente americano y del continente asiático, el uso de sistemas de microirrigación y fertirrigación ha demostrado un impacto positivo en el desarrollo y rendimiento del cultivo de papaya. En Brasil, Coelho et al. (2002), citado por Souza et al. (2005), evaluaron los efectos de distintos sistemas de microirrigación, encontrando que el riego por goteo superficial incrementó el área foliar y la productividad del cultivo en un 27 y 33% respectivamente, en comparación con el riego por goteo subsuperficial.

En Venezuela, Basso et al. (2008) señalaron que una alta uniformidad en la distribución del agua mediante el riego por goteo no sólo optimiza el uso del recurso hídrico, sino que también mejora la eficiencia de la fertilización a través del fertirriego, reduciendo así el riesgo de contaminación de aguas subterráneas. Además, se observará que el fertirriego adelantó la cosecha en aquellos tratamientos con elevadas dosis de fertilización.

En India, estudios realizados por Jeyakumar et al. (2010) y Sadarunnisa et al. (2010), citado por Tank et al. (2011), destacaron el efecto favorable de la fertirrigación sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de la papaya, con resultados similares en el cultivo de banano, variedad Grand Naine. En otro estudio en India, Sagvekar et al. (2019) observó que la fertirrigación con 125 % de RDF (dosis recomendada de fertilización) en cultivo de papaya cv. MADHU BINDU registró -significativamente mayor- altura de planta (287,99 cm), circunferencia del tallo (45,49 cm) y número de hojas funcionales (35,52), comparado con otras dosis de riego y de fertilización.

Al ser un frutal de origen tropical, el cultivo de papaya presenta en el NOA algunas limitantes difíciles de manejar, como la ocurrencia de bajas temperaturas en el invierno que generan escasa o nula formación de frutos y/o aparición de enfermedades fúngicas. A ello se suma la escasa disponibilidad y poca infraestructura tecnológica a nivel predial; la baja demanda del producto para el consumo en fresco; la poca o nula información

sobre fito-sanidad; el manejo inadecuado del riego, de planes de fertilización y el manejo del cultivo en postcosecha. No obstante, la producción del cultivo de papaya se ha incrementado en los últimos años y esto obliga a disponer de prácticas culturales sustentables y ajustadas a la realidad de la zona.

Últimamente algunos productores han incorporado tecnología, apostando por el uso de sistemas de riego presurizados (goteo) en los cultivos de papaya, siendo beneficioso y oportuno en épocas secas, para poder aportar el requerimiento hídrico que el cultivo necesita (Armella, 2017).

A pesar de estos avances, luego de visitas a campo y reuniones con los productores de la zona por parte del personal del INTA (Yuto), se recopiló información pertinente para comprender que la mayoría de los productores, ya cuentan con sistemas de riego presurizado instalados, pero por diversos factores no realizan la fertirrigación o fertigación, la poca disponibilidad de información acerca del uso de esta herramienta es uno de los factores más comentados, esta es una práctica que podría potenciar aún más la eficiencia de sus sistemas de riego.

La fertirrigación, que es una técnica que aplica simultáneamente agua y fertilizantes a través del sistema de riego, constituye una estrategia clave para mejorar la disponibilidad de nutrientes esenciales en el suelo y de esta forma potenciar el desarrollo y rendimiento de los cultivos. A pesar de sus evidentes beneficios, la falta de adopción de esta práctica entre los productores de la zona plantea interrogantes sobre las barreras que impiden su implementación. En este contexto, la información recopilada durante las interacciones con los agricultores y las observaciones en terreno proporciona una base valiosa para comprender los desafíos y oportunidades asociados con la adopción de prácticas más avanzadas de manejo del riego.

En ese sentido las mejoras de las prácticas conjuntas del riego y la fertilización adecuada (fertirrigación) complementadas con otras tecnologías sustentables podrían acelerar la cosecha, mejorar el rendimiento y la calidad de la producción, permitiendo así una mayor rentabilidad del cultivo. De esta forma, el presente estudio evaluó la respuesta de la papaya a diferentes técnicas de fertilización considerando que representa una importante alternativa económica y social para el sector agrícola en la zona.

2. OBJETIVO

Evaluar la respuesta del cultivo de papaya (híbrido “Red Lady”) con riego por goteo a 2 técnicas de aplicación de fertilizantes (fertirriego y fertilización convencional) en comparación con un tratamiento control (testigo) sin fertilizar, en la región subtropical de Jujuy - Argentina.

Objetivos específicos

- Estudiar el efecto de 2 técnicas de fertilización sobre el crecimiento vegetativo (altura de planta, diámetro de tallo) y estimación de área foliar total (AFT) en la planta de papaya, desde plantación hasta cosecha de los primeros frutos.
- Estudiar el efecto de dos técnicas de fertilización sobre la floración de papaya y distinguir las flores normales de las estériles.
- Determinar el impacto de diferentes técnicas de fertilización en papaya, sobre el tiempo transcurrido al cuaje y a cosecha del primer fruto (precocidad del cultivo).
- Evaluar las respuestas de técnicas de fertilización (fertirriego y fertilización convencional), en la producción de papaya: número de frutos (normales, abortados y deformes) y peso del fruto.
- Evaluar las respuestas de técnicas de fertilización (fertirriego y fertilización convencional) en los parámetros de calidad de fruto: diámetro ecuatorial, longitud, espesor y firmeza de la pulpa y sólidos solubles totales.
- Analizar el impacto de agentes patógenos (Antracnosis y Mancha Negra o Viruela) en los frutos de papaya considerando dos técnicas de fertilización.

3. HIPÓTESIS

- Un plan de fertilización que considere la curva de absorción de nutrientes del cultivo, la fertilidad del suelo, la eficiencia de utilización del elemento aplicado y la concentración del fertilizante elegido, mejorará la producción y la calidad de papaya.
- La fertirrigación es una técnica superadora a la fertilización convencional y logrará mejores resultados en el desarrollo vegetativo y en la producción de la papaya.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Sitio del ensayo

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental de Cultivos Tropicales Yuto de INTA (EECTY) en el departamento de Ledesma, provincia de Jujuy, República Argentina (Fig. 8); 23°38´S, 64°27´O y a una altura de 319 m.s.n.m.

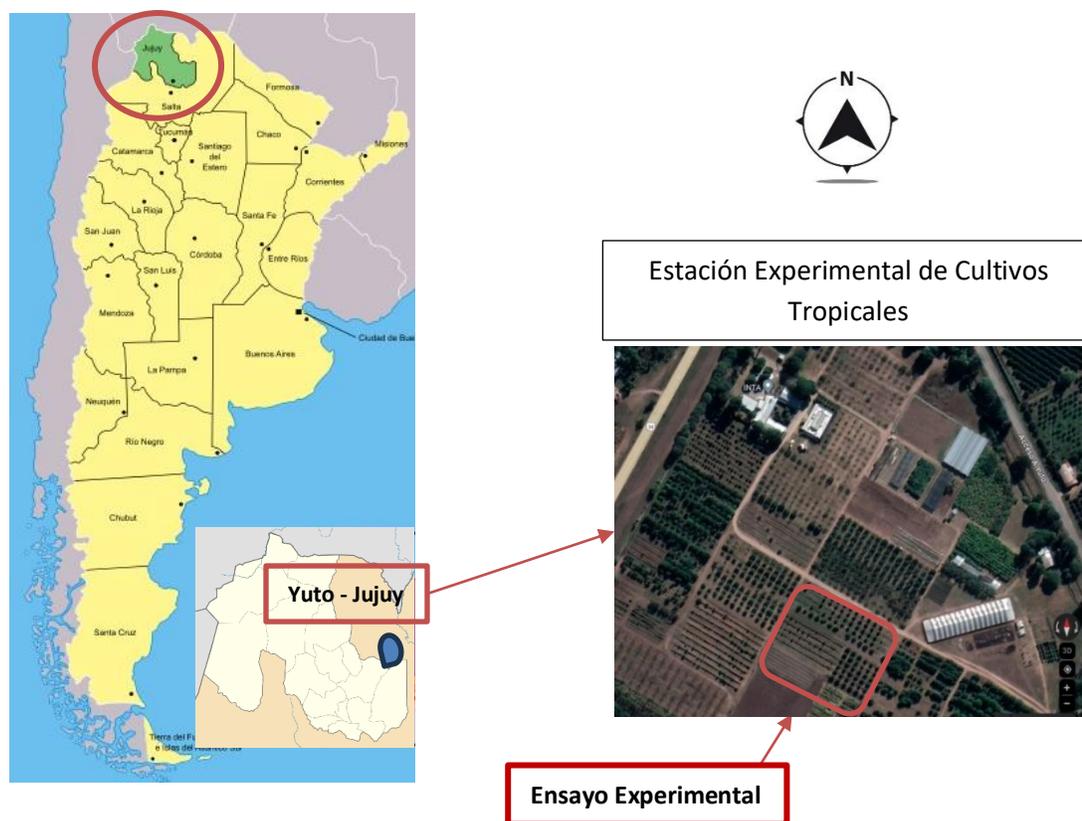


Figura 8. Ubicación del ensayo: Cultivo de papaya híbrido Red Lady (*Carica papaya* L.) en la Estación Experimental de Cultivos Tropicales INTA – Yuto, localidad de Yuto, Provincia de Jujuy, Argentina.

Figure 8: Location of the trial: Cultivation of Red Lady hybrid papaya (*Carica papaya* L.) at the Experimental Station of Tropical Crops INTA – Yuto, Yuto locality, Jujuy Province, Argentina.

Esta región se caracteriza por tener un clima subtropical, con veranos cálidos e inviernos templados con baja frecuencia de heladas, 1 a 2 heladas en el mes de julio (Bianchi et al., 2005). La temperatura media anual es de 22,1 °C, siendo la temperatura media del mes más cálido (diciembre o enero) 27 °C y la del mes más frío (julio) 14 °C (Paoli et al.,

2009). La precipitación promedio de la zona de Yuto fue variando en los dos últimos decenios entre los 700 a 900 mm año⁻¹ con un exceso de agua en los meses de primavera – verano (noviembre a marzo) y una marcada sequía invernal (junio a septiembre).

El suelo es Argiustol típico, con elevada pedregosidad y presencia de minerales illíticos poco expansibles (Paoli et al., 2009; Gómez Omil, 2018).

Se trabajó con el híbrido “Red Lady”, del grupo “Formosa”, que actualmente es uno de los genotipos más difundidos en la zona de estudio.

Las semillas de papaya, se compraron en una empresa comercializadora de semillas de frutales tropicales, son de origen taiwanés. Son semillas seleccionadas, tratadas y cerradas herméticamente, sin presencia de exotesta (capa carnosa, jugosa y de color anaranjado que envuelve a la semilla de papaya), con fecha de vencimiento en agosto del 2020.

Los almácigos se realizaron en bolsas de polietileno de 50 micrones, de 14,8 cm de ancho y 14 cm de altura. Se colocó una semilla por bolsa (Fig. 9) a 1 cm de profundidad (Armella, 2017).



Figura 9. Siembra de semillas de papaya en los macetines de bolsa

Figure 9: Sowing of papaya seeds in bag pots.

Se trabajó con un sustrato de formulación especial para frutales, denominado “Grow Mix Premium” de la empresa Terrafertil. Durante todo el proceso, desde germinación y hasta el momento del trasplante, las plantas fueron criadas en vivero. La siembra se realizó la

última semana del mes de junio, la germinación y su posterior desarrollo, se vio ralentizado por las bajas temperaturas, en la figura 10 se puede ver a las plantas germinadas tres semanas posteriores a su siembra.



Figura 10. Plántulas de 3 semanas posteriores a su siembra.

Figure 10: Seedlings at 3 weeks after sowing.

El trasplante a campo se realizó a mediados de octubre del 2018, con un marco de plantación de 4 m entre hileras por 2 m entre plantas. Se aplicó fosfato diamónico (18-46-00) como fertilizante de base al momento del trasplante a campo, 10 gramos por planta, a todas las plantas de los 3 tratamientos. Las prácticas culturales como el control fitosanitario de enfermedades y control de plagas cuarentenarias se ajustaron al sistema de producción de fruta de la zona.

El control de malezas se hizo en el espacio entre las líneas con segadora, también se utilizó la desbrozadora a motor manual y todo tipo de herramientas como azadón, machetes, etc.

En el ensayo se implementaron 2 cintas de goteo por línea de cultivo como se puede ver (Fig. 11) es decir, estas cintas de goteo estaban a los costados de cada planta, dichas cintas tenían emisores cada 0,3 m.



Figura 11. Trasplante a campo, 16 de octubre de 2018, Estación Experimental de Cultivos Tropicales – Yuto, provincia de Jujuy.

Figure 11: Field transplant, october 16, 2018, Experimental Station of Tropical Crops – Yuto, Jujuy province.

4.2. Diseño experimental

Cada parcela experimental o unidad experimental, tuvo las siguientes dimensiones: 12 m x 14 m. En ellas estuvieron dispuestas 3 hileras de 7 plantas cada una, haciendo un total de 21 (veintiún) plantas por unidad experimental (UE) la densidad de plantación fue de 1250 plantas ha⁻¹. La unidad de muestreo (UM) se realizó en la hilera del centro dentro de cada UE, en las 3 plantas del medio, estas 3 plantas mencionadas (Fig. 12) de cada unidad experimental (de las 15 en total como se ve en Fig. 13) fueron las unidades observacionales en donde tomaron los datos de desarrollo vegetativo como la altura de planta, diámetro de tallo, estimación de área foliar total (AFT), emisión de hojas, flores frutos, etc. Las hileras de los costados sirvieron de bordura (Fig. 12).

Cada hilera de cultivo tiene dos laterales de riego ubicados a los costados de la planta. El lateral utilizado fue marca Irritec, con diámetro externo de 16,9 mm, diámetro interno de 16,1 mm y espesor de la pared de 0,4 mm. El emisor posee un caudal teórico de 0,8 L.h⁻¹ a una presión de trabajo de 0,5 kg cm⁻² y con un distanciamiento de 0,30 m entre emisores.

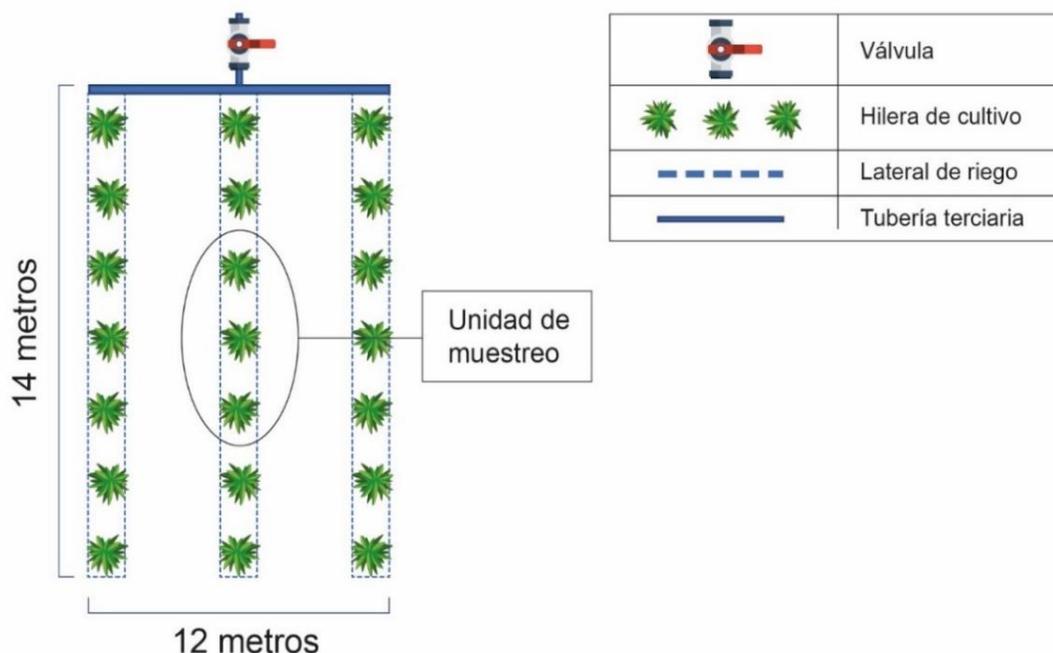


Figura 12. Detalle de la unidad experimental de muestreo

Figure 12: Detail of the experimental sampling unit.

El diseño fue completamente aleatorizado (DCA) con 5 repeticiones de cada tratamiento.

Los tratamientos fueron 3:

Tratamiento 1 (T1) = Testigo: no se fertilizó, Tratamiento 2 (T2) = Fertilización convencional y Tratamiento 3 (T3) = Fertirrigación.

Por lo que la parcela experimental estuvo constituida por 15 unidades experimentales (Fig. 13), 5 repeticiones por tratamiento.

T1 = Testigo: solo se le administró agua a través del riego por goteo.

T2 = Fertilización convencional: Se le aplicó agua a través del riego por goteo y los fertilizantes se administrarán directamente al suelo en 4 ocasiones a lo largo del ensayo (50, 100, 200 y 300 días después de trasplante)

T3 = Fertirrigación: Se le incorporó fertilizantes a través del sistema de riego por goteo con una bomba (1/2 Hp), por el cual se le inyectó la dosis de fertilizantes calculada.

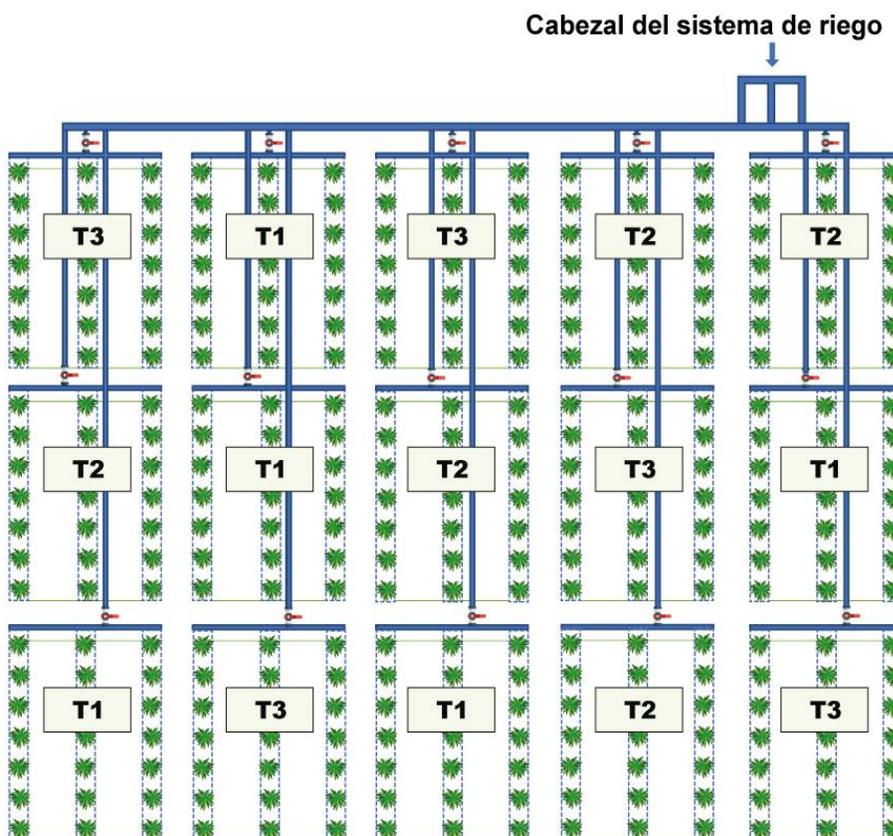


Figura 13. Diseño del ensayo de papaya completamente aleatorizado (DCA)

Figure 13: Design of the completely randomized papaya trial (DCR)

4.3. Estudio del perfil del suelo

En agosto de 2018, se realizaron dos calicatas de 1 metro de profundidad en un cultivo de papaya de más de un año de implantado (Fig. 14).

Se realizó una descripción morfológica del perfil del suelo, se determinó la densidad aparente a través del método del cilindro (Fig. 15) (Rojas, 2013) y se evaluó el desarrollo radicular de la planta.



Figura 14. Calicata realizada en agosto de 2018, al lado del árbol de papaya para evaluar desarrollo radicular

Figure 14: Calicata made in August 2018, next to the papaya tree to evaluate root development.



Figura 15. Determinación de la densidad aparente por el método del cilindro

Figure 15: Determination of apparent density by the cylinder method.

4.3.1. Análisis físico químico del suelo

Se realizó el análisis fisicoquímico del suelo en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de Jujuy (UNJU), en dos momentos diferentes, el primer momento es previo al ensayo y es representativo para todos los tratamientos como “estado inicial del suelo antes del trasplante”, y luego al finalizar el

ensayo en diciembre 2019 sobre muestras de suelo obtenidas en los lotes de los diferentes tratamientos.

En ambos momentos, se extrajeron aleatoriamente en diferentes puntos del predio donde se implantó el ensayo, 5 muestras compuestas en el estrado de 0 – 30 cm, posteriormente se mezclaron y se trasladó al laboratorio para evaluar las características físicas y químicas.

Las muestras fueron secadas, molidas y tamizadas, y se les realizaron los siguientes análisis: textura por el método Bouyoucos (Andrades Rodríguez y Aramendía, 2015) contenido de Materia Orgánica por el método de Walkey y Black (Andrades Rodríguez y Aramendía, 2015), Nitrógeno Total por el método de Kjeldahl (Carreira, 2006); Fósforo Asimilable por el método de Bray-Kurtz (Boschetti, 2012); cationes de intercambio por extracción con acetato de amonio 1 N a pH 7 (Azcarate & Kloster, 2010) y Calcio y Magnesio Intercambiables por complexometría (Ortega & Corvalán, 2001). Para la determinación de pH y conductividad eléctrica (CE) se determinó a través del método de extracto de pasta saturada (Andrades Rodríguez y Aramendía, 2015).

4.3.2. Determinación de la capacidad de campo

Se determinó la capacidad de campo siguiendo la metodología sugerida por Grassi (1998). Se prepararon dos bateas de 2 m x 2 m cada una, niveladas y sin vegetación; se delimitaron con bordes de tierra de 15 a 20 cm de altura. Se les aplicó un volumen abundante de agua para saturar todo el perfil hasta 1 metro de profundidad (Fig. 16). Completada la infiltración del agua, se cubrieron las bateas con una lámina de plástico negro para evitar la evaporación. Con intervalos de tiempo de 6 horas se extrajeron muestras de suelo en dos estratos, 0 – 30 y 30 -60 y se determinó el contenido de agua por el método gravimétrico. Con estos datos se realizó un gráfico de la variación del contenido de humedad en función del tiempo, que permitió determinar el valor que representa la máxima capacidad de retención de agua en condiciones de libre drenaje (capacidad de campo) y el tiempo en el cual la misma se alcanza.

Es de gran importancia determinar la capacidad de almacenamiento de agua en los suelos con fines agrícolas, conocer el almacenamiento de agua en la zona de mayor exploración radicular, constituye un elemento fundamental del balance hídrico (Silva et al., 1988).



Figura 16. Batea preparada para realizar determinación de capacidad de campo por el método de (Grassi, 1998).

Figure 16: Tray prepared for determining field capacity by the method of (Grassi, 1998).

4.4. Riego

4.4.1. Calidad del agua de riego

Las muestras de agua para riego del ensayo fueron extraídas del reservorio de la experimental EECY – INTA – Yuto, llevadas a laboratorio de la Universidad Nacional de Jujuy, y allí se determinaron los siguientes parámetros: salinidad por el método de la conductimetría, pH por el método de potenciometría, Calcio y Magnesio ($\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$) con la metodología de la complexometría, mencionado por Ortega & Corvalán (2001), Sodio y Potasio ($\text{N}^+ + \text{k}^+$) por fotometría de llama, Carbonatos y Bicarbonatos por volumetría y cloruros (Cl^-) por Metodología de volumetría.

4.4.2. Uniformidad del riego

Una vez trasplantados los plantines de papaya en el terreno destinado al ensayo, se instaló el sistema de riego por goteo y se realizó una evaluación de la uniformidad de descarga de los goteros, mediante el cálculo de la uniformidad de distribución (UD) de Merriam & Keller (1978).

Se tomaron 16 puntos de erogación, aleatoriamente distribuidos en el lateral (cabeza, 1/3, 2/3 y pie) en 4 laterales del distribuidor a los cuales se les midió el caudal, vale decir el volumen de agua recibido en un tiempo determinado. Se calculó el caudal de cada emisor y la uniformidad de distribución (UD), definida como el cociente entre la media de descarga de los emisores que erogaron el 25% del caudal más bajo, con respecto a la media de descarga de todos los goteros.

4.4.3. Cálculo de las necesidades de Riego

Se elaboró un calendario de riego siguiendo la metodología propuesta por Fernández Gómez et al. (2010), desde el momento del trasplante del cultivo (octubre del 2018) y hasta el final del ensayo (diciembre del 2019) considerando las necesidades hídricas diarias del cultivo. Los intervalos de riego fueron diarios o de hasta 3 días (teniendo en cuenta que la estación permanecía cerrada los sábados y domingos) reponiendo la lámina consumida según el proceso evapotranspiratorio registrado. Para el cálculo de las láminas de riego se requirió disponer de los siguientes datos: la evapotranspiración de referencia (ET_o), el coeficiente del cultivo (K_c), la evapotranspiración del cultivo (ET_c), la profundidad de raíces (D) y el agotamiento tolerable (NAP). Cabe resaltar que las láminas de riego y la oportunidad en que se aplicaron fueron iguales para todos los tratamientos (T1, T2, T3).

Para la determinación de ET_o diaria, se utilizó la ecuación de Penman – Monteith (Ec.1) propuesta por la FAO (Allen et al., 2006). Se tomaron datos diarios de la estación agro meteorológica de la EECT INTA - Yuto y se utilizó el software ET_o calculator (FAO, 2012). Las variables que se tomaron en cuenta para el cálculo de la ET_o fueron: humedad relativa (%), velocidad de viento a 2 m de altura (Km.h⁻¹), temperatura del aire, máxima y mínima (C°), temperatura a punto de rocío (°C), radiación solar (MJ m⁻² día⁻¹).

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta(Rn-G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + (1+0,34 u_2)} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde:

ET_o = Evapotranspiración de referencia (mm dia^{-1}).

Rn = Radiación neta en la superficie del cultivo ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$).

Ra = Radiación extraterrestre ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$).

G = Flujo de calor de suelo ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$).

T = Temperatura media del aire a 2 metros de altura ($^{\circ}\text{C}$).

u_2 = Velocidad del viento a 2 metros de altura (m s^{-1}).

e_s = 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 ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

γ = Constante psicrométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Se adoptaron los valores de Kc recomendados por Coelho Filho et al., (2007) que varían en función de la etapa del cultivo, partiendo desde trasplante, cuando son plantines pequeños con valor de $k_c = 0,4$ y hasta cuando alcanzan su máximo con $k_c = 1,2$. Estos valores son muy similares a los planteados por Robson Posse (2008).

$$ET_c = ET_o * Kc \quad \text{Ecuación 2.}$$

Donde:

ET_c = Evapotranspiración del cultivo (mm dia^{-1}).

ET_o = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm dia^{-1}).

Kc = Coeficiente único de cultivo (Coelho Filho et al., 2007).

Se determinó el tiempo de riego en función de la evapotranspiración diaria estimada del cultivo, el caudal erogado por los goteros afectado por la uniformidad de distribución medida. La intensidad de precipitación se calculó como cociente entre el caudal promedio de los goteros afectado por el área de cada gotero (espaciamento entre laterales por espaciamento entre goteros).

Ecuación 3.

$$\% Eto = \frac{\text{Lámina Total } (R \text{ acum} + Pe \text{ acum})}{Eto \text{ acum}}$$

Donde:

% Eto = Es la lámina estimada a aplicar, tomando en cuenta la Evapotranspiración de referencia (un porcentaje).

Lámina total = Es la suma de las precipitaciones durante el ensayo y las láminas de riego aplicadas durante el ensayo.

R acum = Es la suma total de las láminas de riego aplicadas durante todo el ensayo.

Pe acum = Es la suma total de las precipitaciones efectivas durante todo el ensayo.

Eto acum = Es la suma total de las láminas de Evapotranspiración de referencia durante todo el ensayo.

4.5. Fertilización del cultivo de papaya

Para el cálculo de la cantidad de nutrientes a aplicar se usó el criterio propuesto por Gomes Oliveira *et al.* (2004) que se basa en las cantidades de nutrientes absorbidas por la parte aérea de la planta, incluyendo flores y frutos, de 360 días de edad (12 meses), con una densidad de 1250 plantas por hectárea y con un periodo de producción de 3 a 4 meses (los primeros 8 o 9 meses son de desarrollo vegetativo) que produce más de 15 toneladas por hectárea en el primer año. Siendo así, se extraerían las siguientes cantidades de los macronutrientes (kg ha^{-1}): N, 319; P, 41; K, 321; Ca, 146; Mg, 66. En el primer año de cultivo, la planta presenta menor extracción de nutrientes que en los años subsiguientes, según el modelo de curva de absorción de nutrientes propuesto por Cunha y Haag (1980).

El plan de fertilización se ajustó contemplando la curva de absorción de nutrientes en cada etapa del ciclo fenológico del cultivo de papaya, la eficiencia de utilización del elemento aplicado, ya sea en forma convencional o en fertirriego y, por último, también contempla la concentración del fertilizante elegido (Ec. 3) (Arnaldo Tapia 2018, comunicación personal).

Ecuación 4.

$$Dosis \ a \ aplicar = \frac{Absorción \ de \ nutriente \ (Cunha,1979)*Etapa \ fenológica \ (%)}{Eficiencia \ de \ uso \ del \ elemento \ (tabla)*Concent.del \ fertilizante \ (%)}$$

Cunha y Haag. (1980) considera que la papaya presenta tres fases de desarrollo distintas: 1) formación de planta o periodo vegetativo; 2) floración y formación de frutos; 3) producción; y en cada una de ellas los macronutrientes N, P, K, Ca y Mg tienen la siguiente absorción por parte de planta expresada en porcentajes (Gomes Oliveira et al., 2004) (Tabla 2). El resultado de esta operación permitió determinar la dosis ajustada que precisaba el cultivo en cada etapa considerando el fertilizante elegido.

Es importante aclarar que la aplicación de fertilizantes, en el tratamiento convencional (T2) fue la misma cantidad y los mismos fertilizantes que para el tratamiento de fertirriego (T3), solo se diferenció en la forma de aplicación, ya que se lo hizo de la forma tradicional (Fig. 17), esto quiere decir de forma granulada y sólida al pie de la planta de papaya, las aplicaciones para este tratamiento se realizaron en 4 ocasiones, desde el inicio hasta el final del ensayo.

Tabla 2. Absorción de macronutrientes según la fenología del cultivo de la papaya (Carica papaya L.)

Table 2: Macronutrient absorption according to the phenology of papaya cultivation (Carica papaya L.)

Macro nutriente	Etapas fenológicas							
	Vegetativo	Floración y fructificación				Producción y cosecha		
	1° al 4° mes	4° al 6° mes	6° al 8°mes	8° al 9° mes	9 ° mes	10° mes	11° mes	12° mes
N (%)	3,53	5,49	7,45	9,80	12,94	16,47	19,61	24,71
K (%)	2,73	4,68	7,02	10,14	12,87	16,38	20,67	25,52
Ca (%)	2,15	6,01	8,58	10,73	14,59	16,31	19,31	22,32
Mg (%)	3,77	5,66	7,55	12,26	14,15	15,09	18,87	22,64

Fuente: Cunha y Haag (1980) y Gomes Oliveira et al. (2004).

La aplicación de fertilizantes en el fertirriego (T3), se realizó con una frecuencia de 7 días, para que la planta tuviera la capacidad de absorber todos los nutrientes aplicados recomendados por Ferreira Coelho et al., (2004). Al tratamiento testigo (T1) no se le aplicó fertilizantes.

Basados en la curva de absorción de nutrientes de Cunha y Haag (1980) y citado por Gomes Oliveira et al. (2004) se calcularon las siguientes cantidades: 426,7 kg/ha⁻¹ de Ca (NO₃)₂; 234 kg/ha⁻¹ de MgSO₄; 407,8 kg/ha⁻¹ de KCl y finalmente considerando el aporte de N con Ca (NO₃)₂, 198,3 kg/ha⁻¹ de CH₄N₂O (Urea).



Figura 17. Aplicación de fertilizantes de forma convencional

Figure 17: Conventional fertilization application

4.6. Control de humedad en el suelo

Para verificar las aplicaciones de riego calculadas por el método de Fernández Gómez et al. (2010) fue necesario hacer controles a campo en el perfil de suelo. Es por ello que se midió el contenido de humedad en el suelo a través del método gravimétrico y por medio de tensiómetros.

4.6.1. Gravimetría

Se recolectaron muestras de suelo utilizando pesafiltros y barreno, con un intervalo de 15 días, sacando 12 muestras por tratamiento, 6 muestras a profundidad de 0 – 30 cm y 6 muestras a profundidad de 30 – 60 cm, en la primera, segunda y tercera fila respectivamente, dentro del ensayo. Dichas muestras fueron llevadas al laboratorio de la experimental EECT – INTA Yuto, se las pesó con una balanza de precisión, antes y después de haberlas secado en estufa a una temperatura de 105 °C durante 24 horas, hasta llegar a peso constante. Para obtener los resultados de gravimetría, se utilizó esta ecuación:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{peso de suelo humedo} - \text{peso de suelo seco}}{\text{peso de suelo seco}} \quad \text{Ecuación 5.}$$

4.6.2. Tensiometría

Como otro indicador para el control de la humedad del suelo en los ensayos, se incorporaron tensiómetros en dos lugares distintos dentro del lote de ensayo.



Figura 18. Tensiómetros ubicados en el estrato de 0 – 30 cm y de 30 – 60 cm.

Figure 18: Tensiometers located in the layer of 0 – 30 cm and 30 – 60 cm.

La instalación de los tensiómetros de humedad se los realizó en el mes de febrero y previa calibración de los mismos, se instalaron 4 tensiómetros, estos fueron de la marca

Irrrometer, la instalación fue realizada a los 25 cm del lateral de goteo y a dos profundidades diferentes la cuales fueron:

Sobre la capa superficial, en los primeros 30 cm, la segunda profundidad a la cual se instaló el otro tensiómetro fue en la capa de los 30 – 60 cm, como indica el manual del tensiómetro para este cultivo según Haimanote et al. (2020).

Se denominó estación “A” y estación “B” (Est. A y Est. B) estos mismos estaban ubicados en cabecera del ensayo y al pie del mismo, sobre las columnas 5 y 11 respectivamente (Fig. 19).

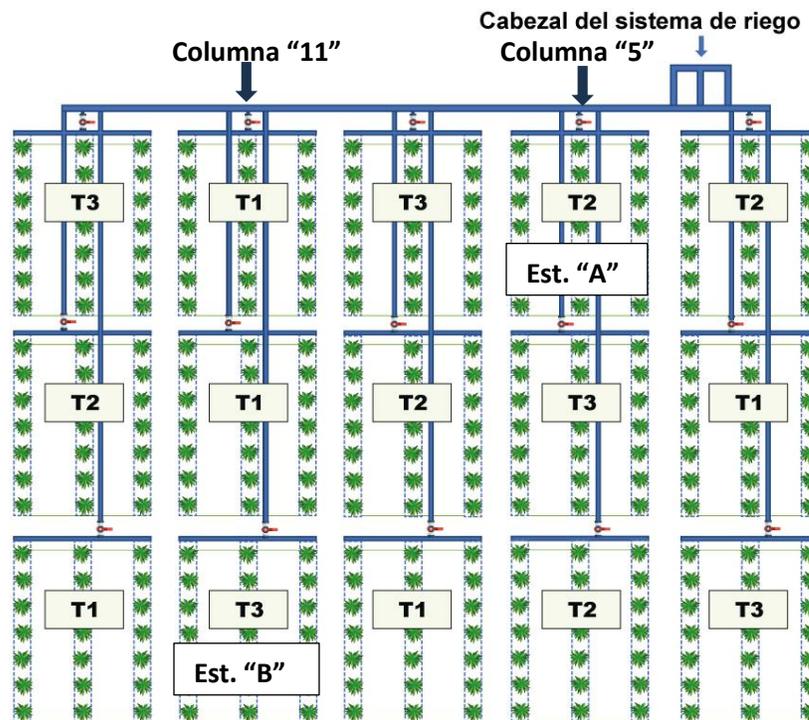


Figura 19. Estaciones de tensiómetros A y B para el control de la humedad del suelo

Figure 19: Tensiometer stations A and B for soil moisture control

4.7. Registros fenológicos

4.7.1. Altura de planta

A todas las plantas designadas como unidad de muestro, se les realizo mediciones mensualmente desde enero hasta octubre, como altura de planta, las mediciones se tomaron desde la base de la planta en el suelo hasta la altura de la posición de la última hoja emitida. Se usó una cinta métrica graduada para la altura. (Terra de Almeida et al., 2003; García et al., 2003; De Oliveira Días et al., 2013; Pérez et al., 2015).

4.7.2. Diámetro basal del tallo

Las mediciones de diámetro basal se tomaron al mismo tiempo que la altura de planta. La primera lectura fue en el mes de enero de 2019 y a partir de ese momento una vez por mes hasta el mes de octubre de 2019. Las medidas se tomaron siempre a los 15 cm del suelo. Para las medidas del diámetro se usó un calibre tipo Vernier-Inox de 0-300 mm. (Terra de Almeida et al., 2003; Hernández Pérez et al., 2015).

Ecuación 6.

$$D (mm * L) = \frac{DBT}{Litros * planta T}$$

Donde:

D (mm * L) = Crecimiento del diámetro del tallo en milímetros por cada litro de agua aplicada.

DBT = Diámetro basal total acumulada (mm).

Litros * planta T = Litros de agua aplicada por planta, en todo el ensayo.



Figura 20. Planta de papaya a los 3 meses después de trasplante

Figure 20: Papaya plant at 3 months after transplanting.

4.7.3. Estimación de área total foliar del árbol de papaya

Se realizó una estimación del área total foliar (ATF) de la planta de papaya, con la metodología propuesta por Posse et al. (2008). La estimación del área foliar es una característica importante en la investigación fisiológica ya que las hojas involucran la fotosíntesis, la transpiración y el crecimiento (Campostrini y Kiyoshi, 2001). Se trata de un modelo matemático, empírico, práctico y no destructivo que se basa en la medición de la longitud de la nervadura central de las dos últimas hojas de la planta (las últimas hojas emitidas y bien desarrolladas) se saca el promedio de longitud de estas dos mediciones de nervadura central y también se contabiliza el número total de hojas en ese momento, con estos datos y a través de un ábaco, se estimó el área total foliar (Posse et al., 2008). Se realizó esta medición en todas las unidades observacionales mencionadas, una vez al mes, a excepción del mes de mayo, desde enero a octubre (2019).

4.7.4. Número de hojas

Se registró la emisión de hojas nuevas, en cada evaluación (una vez por mes), también se contabilizaron las hojas totales por planta. El número de hojas producidas por mes también es otro indicador importante de la capacidad de crecimiento vegetativo y de productividad en plantas de papayas. (Alonso Esquivel et al., 2009; Rodríguez Pastor et al., 2010; Hernández Pérez et al. 2015)

4.7.5. Tiempo transcurrido hasta el primer fruto cuajado y cosecha del mismo

Se registraron los días transcurridos hasta la aparición del primer fruto cuajado y posteriormente hasta la cosecha del mismo, en todos los tratamientos. (Rodríguez Pastor et al., 2010; Aguilar Carpio et al., 2019).

4.7.6. Conteo de flores normales y estériles

A partir de la aparición de los primeros botones florales, se empezó a registrar la emisión de todas las flores en todos los tratamientos, se siguió la metodología de Armella (2017) que propuso, para facilitar las observaciones en cada fecha de recuento (una vez por mes), marcar la última hoja, con un alfiler inserto en su peciolo, al transcurrir aproximadamente un mes, esa hoja marcada quedaba abajo y entonces se contaba la emisión de las nuevas hojas y flores que se desarrollaron en ese lapso de tiempo, es decir, se registraron todos los datos en una distancia entre el alfiler existente y la nueva 'hoja bandera' (con un nuevo alfiler) así, esta dinámica se repitió una vez al mes.

4.7.7. Conteo de frutos normales, frutos deformes y permanencia o aborto de frutos

A partir de la aparición de los primeros botones florales, se empezó a registrar la emisión de todos los frutos en todos los tratamientos, se siguió la metodología de Armella (2017) ya mencionada. (Escamilla García et al., 2003; Rodríguez Pastor et al., 2010; Nunes de Lima et al., 2015; Hernández Pérez et al., 2015; Honoré et al. 2019; Mahouachi y Marrero-Díaz, 2022).

4.7.8. Rendimiento y calidad del fruto

La cosecha se realizó de manera gradual, se midieron los parámetros de rendimiento y de calidad del fruto, para esto se cosecharon todos los frutos a medida que iban madurando en la unidad de muestreo de cada parcela; según el método de madurez fisiológica propuesto por Santamaría Basulto et al. (2009) citado por (Armella, 2017) que se basa en la observación del fruto y la comparación con lo observado (Fig. 21).



Figura 21. Estados de madurez de papaya variedad “Maradol Roja”, que indican el color de la cáscara y la pulpa. V: Fruto verde sin franja amarilla; 1. Fruto verde claro con una ligera franja amarilla en la pulpa; 2: Fruto verde con una franja amarilla bien definida; 3: Fruto verde con una o más franjas anaranjadas; 4: Fruto con cáscara anaranjada con algunas áreas verdes; 5: Fruto de color anaranjado característico de la variedad; 6: Fruto de color similar al estado 5 pero más intenso. Fuente: Santamaría Basulto *et al.* (2009^a).

Figure 21: Ripeness stages of "Maradol Roja" papaya variety, indicating the color of the skin and pulp. V: Green fruit without yellow strip; 1. Light green fruit with a slight yellow strip in the pulp; 2: Green fruit with a well-defined yellow strip; 3: Green fruit with one or more orange stripes; 4: Fruit with orange skin with some green areas; 5: Fruit with characteristic orange color of the variety; 6: Fruit with color similar to stage 5 but more intense. Source: Santamaría Basulto et al. (2009^a).

Se contabilizaron todos los frutos por planta, de cada unidad de muestreo y se les controló el peso con balanza digital tipo Systel de 0,05-30 kg. El rendimiento se

determinó considerando el peso medio y el número de frutos por planta (Terra de Almeida et al., 2003; Bastos Lyra et al., 2008; Migliaccio et al., 2010; Nunes de Lima et al., 2015; Hernández Pérez et al., 2015; Honoré et al. 2019; Mahouachi y Marrero-Díaz, 2022).

En cada colecta se midieron también los parámetros de calidad, como sólidos solubles totales (SST), para ello de cada planta que sirvió como unidad de muestro, se eligieron al menos 3 frutos, se cortó, trituró y exprimió parte de la pulpa de estos frutos cosechados (Fig. 22), vertiendo el jugo a un refractómetro digital marca Atago modelo N-20 (Atago, Bellevue, Washington, EE.UU.) determinando sólidos solubles totales (SST) en grados Brix. (Dos Santos et al., 2008; Manjunath et al., 2017; Honoré et al. 2019; Mahouachi y Marrero-Díaz, 2022).



Figura 22. A) Cortes a la fruta de papaya en 4 porciones para posterior proceso de medición de sólidos solubles totales (SST), B) herramientas y utensilios como exprimidor, regla, calibre y penetrómetro.

Figure 22: A) Papaya fruit cut into 4 portions for subsequent total soluble solids (TSS) measurement process, B) tools and utensils such as squeezer, ruler, caliper and penetrometer.

Se determinó la firmeza del fruto con un penetrómetro manual marca Fruit Pressure Tester Mod. FT 327 (3-27 lbs) con punta de 1 cm² de sección. También se midió el espesor de la pulpa con un calibre tipo Vernier-Inox de 0-300 mm. (Muñiz Becerá et al., 2011; Bogantes Arias y Mora Newcomer, 2013; Domínguez Pérez et al., 2013).

Se analizó también la afectación de los frutos causada por el hongo de la viruela identificado como *Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl. Para ello se siguió la metodología propuesta por Vivas et al. (2010) que establece el grado de afectación donde cada grado corresponde a un porcentaje de superficie de fruto afectado: 1 (0,1%),

2 (0,3%), 3 (0,6%), 4 (1,2%), 5 (2,5%), 6 (5%), 7 (10%) y 8 (20%) como se puede ver en la figura 23.

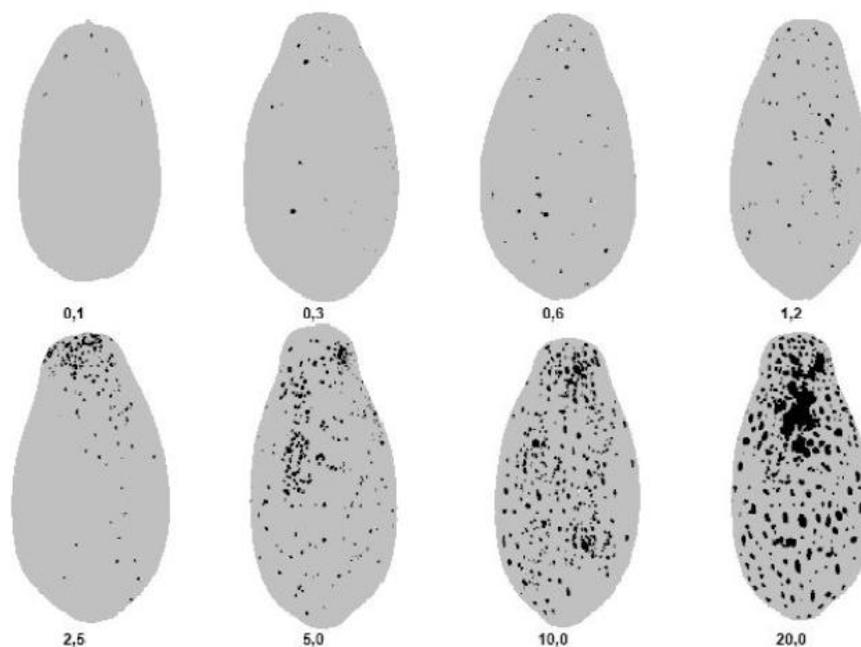


Figura 23. Escala esquemática para la evaluación de severidad del hongo *Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl. en frutos de papaya que indica niveles de 0.1; 0.3; 0.6; 1.2; 2.5; 5.0; 10.0 y 20.0%

Figure 23: Schematic scale for severity assessment of *Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl. fungus on papaya fruits indicating levels of 0.1; 0.3; 0.6; 1.2; 2.5; 5.0; 10.0 and 20.0%.

La evaluación se realizó a medida que los frutos iban madurando, se los cosechaba y se los clasificaba por comparación visual con la figura 22 y se establecía así su grado de afectación.

También se contabilizó el número de frutos infectados por Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en cada tratamiento y así se determinó el porcentaje de frutos infectados por este hongo en cada tratamiento. (Duran et al., 1999; Bogantes Arias et al., 2013).

4.8. Análisis estadísticos

Los datos registrados en las tres plantas que conforman la unidad de muestreo de cada tratamiento a lo largo del ensayo, fueron analizados con el programa estadístico INFOSTAT versión 2017 (Grupo INFOSTAT, Córdoba, Argentina). Aquellos que se ajustaron a una distribución normal, caso de: altura de la planta, diámetro de tallo, número de hojas totales por planta, índice de área foliar, tiempo transcurrido al cuaje y cosecha del primer fruto, fueron sometidas al análisis de la varianza y prueba de comparaciones LSD de Fisher ($p \leq 0,05$). El mismo procedimiento se aplicó a los datos de calidad de frutos, tales como: peso, longitud, diámetro ecuatorial del fruto, espesor de la pulpa, firmeza del fruto, sólidos solubles totales, número de frutos con antracnosis y número de frutos con *Asperisporium caricae* (mancha negra).

Los parámetros que no se ajustaron a una distribución normal, en donde no se verificó alguno de los supuestos del ANOVA como aquellos datos provenientes de conteos mensuales: número de flores, número de flores estériles, número de hojas nuevas emitidas, número de frutos, número de frutos abortados y número de frutos deformes, se transformaron con raíz cuadrado y tampoco mostraron ajustarse a distribución normal. Dado ello se analizaron con la prueba de Kruskal – Wallis, para el contraste de las medianas. El procedimiento usado para juzgar la significancia de las comparaciones múltiples y los contrastes postulados es el descrito en Conover (1999). Si bien las comparaciones entre tratamientos se realizan a través de las diferencias entre las medias de los rangos, InfoStat permite también visualizar las diferencias entre tratamientos a nivel de medias y medianas de los valores originales de las variables. Se usó un nivel de significancia de $\alpha > 0,05$.

5. RESULTADOS

5.1. Suelo

5.1.1. Textura

El análisis de la muestra compuesta de suelos dio como resultado que presenta textura franco arenosa (FaA) coincidiendo con lo registrado por Armella (2017) en lotes cercanos donde se realizó el ensayo (Tabla 3); 1,92 % de materia orgánica; pH de 7,15 y ausencia de nematodos, de gran importancia agrícola.

Tabla 3. Determinación de la textura del suelo por el método de Bouyoucos

Table 3: Soil texture determination by the Bouyoucos method

Porcentaje de material	Muestra conjunta
Arcila (%)	22,5
Limo (%)	20,0
Arena (%)	57,5
Clase Textural USDA	FaA

5.1.2. Características físicas químicas del suelo

El suelo en donde se llevó a cabo el ensayo, es un Argiustol típico, con elevada pedregosidad y presencia de minerales illíticos, poco expansibles (Gómez Omil, 2018). Suelo uniforme de textura franco arenoso, con contenido de materia orgánica próximo al 2% y con un buen drenaje.

La materia orgánica y el carbono orgánico denotan una marcada disminución de contenido en los lotes del tratamiento testigo (T1), en menor proporción en los lotes del tratamiento con fertilización convencional (T2) y casi se mantuvo igual en los lotes en donde se realizó el tratamiento con fertirriego (T3) (Tabla 4). El nitrógeno total se mantuvo constante en todos los ensayos al igual que la relación Carbono/Nitrogeno (C/N). Se observa una disminución de fósforo extractable en todos los tratamientos, al final del ensayo, comparados al valor registrado al inicio del ensayo 92 mg.kg⁻¹. El valor de potasio intercambiable (0,79 cmol(+).kg⁻¹ al inicio) aumentó su concentración en T2=

1,25 y se estabilizó en los otros dos tratamientos (T1= 0,81 y T3= 0,82) al final del ensayo. Valores por encima de 0,8 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ de potasio intercambiable son considerados altos según Molina (2007).

Con respecto al calcio intercambiable ($14 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ al inicio) se observó una disminución en T1 = 6; T2 = 3,3; T3 = 8 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ así como en el magnesio intercambiable ($7,8 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ al inicio) que redujo sus valores en T2 = 1,7; T3 = 4,1; T1 = 6,25 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$. Estos valores antes, durante y finalizando el ensayo, demuestran que son niveles altos de calcio y magnesio en el suelo (Salgado García et al., 2006; Castellanos, 2010).

Tabla 4. Análisis físico químico del suelo antes (2018) y al finalizar (2020) el ensayo

Table 4: Physicochemical analysis of the soil before (2018) and at the end (2020) of the experiment

Identificación	2018	2020	2020	2020
		T1	T2	T3
pH en agua 1: 2,5	7,26	7,45	7,36	7,24
Materia Orgánica (%)	1,92	1,63	1,80	1,97
Carbono Orgánico (%)	1,11	0,94	1,05	1,15
Nitrógeno total (%)	0,10	0,10	0,11	0,11
Relación C/N	11	10	10	10
Fósforo extractable ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	92	41	33	58
Potasio disponible ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	308	277	488	320
Cationes de intercambio				
Calcio ($\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$)	14,07	6	3,30	7,99
Magnesio ($\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$)	7,82	6,25	1,70	4,12
Sodio ($\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,23	0,15	0,13	0,11
Potasio ($\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,79	0,81	1,25	0,82
Pasta saturada				
Ce ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)	0,46	0,41	0,65	0,50
pH	7,03	7,15	7,03	7,21

Los resultados de pasta saturada revelan un ligero aumento en el pH, alcanzando un valor final de 7,21 (T3) y 7,15 (T1), manteniendo valores en T2. Antes, durante y al final

del ensayo el valor de pH en todos los tratamientos estuvo en un rango óptimo, pero con posible presencia de carbonatos, aportados por el agua de riego (Molina, 2007; Castellanos, 2010). Se registró una conductividad eléctrica (CE) inicial de la pasta saturada de $0,46 \text{ dS.m}^{-1}$. Al concluir el ensayo, T1 presentó una CE menor ($0,41 \text{ dS.m}^{-1}$) en comparación con los tratamientos fertilizados, T3 = $0,50 \text{ dS.m}^{-1}$ y T2 ($0,65 \text{ dS.m}^{-1}$). Los niveles de CE antes, durante y al final del ensayo, estuvieron en un rango menor a 2 dS.m^{-1} , esto quiere decir que es un suelo libre de sales, condición ideal para la producción de cultivo de papaya. (Molina, 2007; Vásquez García et al., 2010; Parés & Basso, 2013).

5.1.3. Determinación de la capacidad de campo gravimétrica

La capacidad de campo promedio registrada fue de 19 a 20 g%g (gramos de agua /peso seco %) dato muy cercano a lo estimado por Israelsen & Hansen (1962) que menciona que para un suelo franco arenoso (FaA) la capacidad de campo (CC) está en el rango de 14 a 18 g%g y lo registrado en este ensayo se alcanzó luego de transcurridas 12 horas, a partir del momento en que el suelo fue saturado. La curva de capacidad de campo se presenta a continuación (Fig. 24).

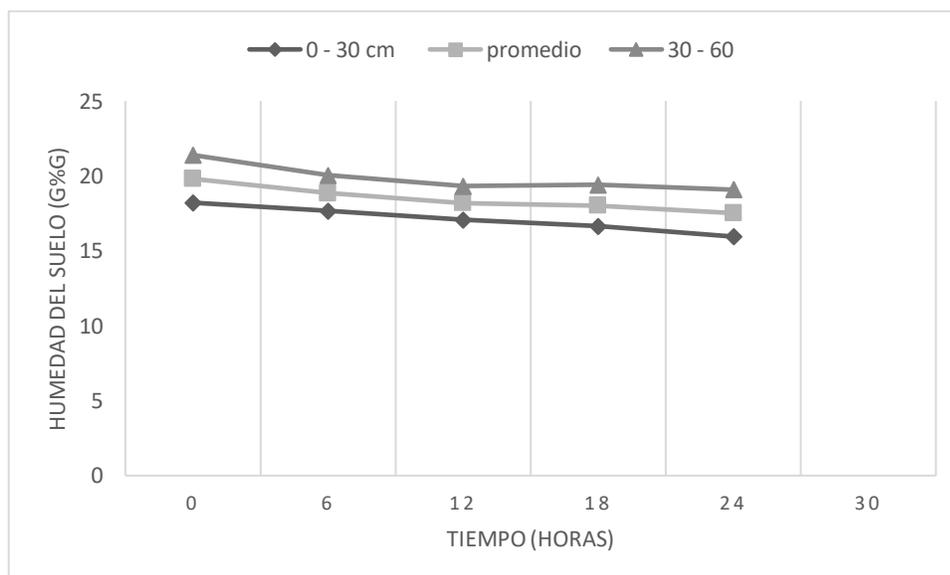


Figura 24. Valores de contenidos hídricos del suelo y curva de retención hídrica ajustada.

Figure 24: Soil water content values and adjusted soil water retention curve.

Es de gran importancia determinar la capacidad de almacenamiento de agua en los suelos con fines agrícolas y más aún, en cultivo de papaya que necesita suelos permeables (Silva et al., 1988; Terra de Almeida et al., 2003; Vásquez García et al., 2010; Chicas Soto et al. 2014).

5.2. Riego

5.2.1. Calidad de agua de riego

El análisis de agua para riego indica que tiene una conductividad eléctrica (CE) de 0,294 dS.m⁻¹ (Tabla 5). Valores bajos de CE, indican que son aguas que pueden usarse para la mayor parte de los cultivos, en casi todos los suelos (Jarsún et al., 2008). Los niveles de CE en el agua para riego son óptimos para el cultivo de papaya, debido a que las plantas de papaya son ligeramente afectadas al ser tratadas con agua de 2,0 dS.m⁻¹ (Vásquez García et al., 2010; Parés & Basso, 2013).

Tabla 5. Parámetros químicos del agua de riego

Table 5: Chemical parameters of irrigation water

Parámetros	Valores
pH	8,18
Salinidad: Ce (dS.m ⁻¹)	0,294
Cationes	
Calcio (meq. l ⁻¹)	1,90
Magnesio (meq. l ⁻¹)	1,10
Sodio (meq. l ⁻¹)	0,65
Potasio (meq. l ⁻¹)	0,05
Aniones	
Carbonatos (meq. l ⁻¹)	1,02
Bicarbonatos (meq. l ⁻¹)	2,04
Cloruros (meq. l ⁻¹)	0,48
Sulfatos (meq. l ⁻¹)	0,16
RAS	0,53
Clasificación Riverside	C2 S1

El pH de 8,18 demuestra alcalinidad en las muestras de agua. Cuando se emplean aguas con alta alcalinidad en sistemas de fertirriego sin tratamiento previo, se puede correr el riesgo de taponamiento en los goteros (Rodríguez García & Vega Triana, 2022), para cual se debe verificar con la prueba de uniformidad de distribución (Tabla 6).

Según la clasificación de Riverside esta muestra de agua corresponde a un “S1” agua baja en sodio. Pueden usarse en casi todos los suelos sin riesgo de que el nivel del sodio de intercambio se eleve demasiado (Jarsún et al., 2008). La tabla 5 presenta los resultados de los análisis realizados.

5.2.2. Uniformidad del riego

La uniformidad de distribución (UD) de Merriam – Keller (1978) fue medida en dos ocasiones, a mediados del ensayo (julio) y otra casi al finalizar (noviembre). El caudal medio que erogaron los goteros fue de 0,735 y 0,795 L h⁻¹, la primera medición un tanto alejada al caudal medio señalado por el fabricante que indica que a una presión de 0,5 Bar eroga un caudal de 0,80 L h⁻¹. La uniformidad de distribución estuvo comprendida entre 95 a 93%. En la tabla 6 se pueden observar los datos obtenidos.

Tabla 6. Uniformidad de Distribución de riego

Table 6: Irrigation Distribution Uniformity

Parámetro	Medición 1 (julio 2019)	Medición 2 (noviembre 2019)
UD (%)	95	93
Q medio L.h ⁻¹	0,735	0,795

5.3. Cálculos de necesidades de riego

5.3.1. Datos climáticos

El presente ensayo se desarrolló desde mediados del mes de octubre del año 2018 hasta el mes de diciembre del año 2019. El trasplante de plantines se realizó en la 3era. semana del mes de octubre (2018).

La figura 25 presenta los registros de la temperatura máxima, mínima y media durante el ensayo, así como la comparación de la lluvia medida con la precipitación media histórica (2004 – 2017) del lugar. En los meses de octubre a enero se registraron las temperaturas máximas y medias más altas, con picos notables en octubre de 2019 que registró 43,4 °C y fue la temperatura más alta durante este ensayo. En los meses de mayo al mes de agosto se registraron las temperaturas más bajas, las mínimas y medias alcanzaron valores bajos, el mes de julio presentó una temperatura de 2,3 °C (temperatura más baja durante el ensayo), temperatura donde la planta de papaya paraliza su desarrollo. Es importante mencionar que cuando las temperaturas descienden por debajo de 15 °C, las plantas de papaya pueden experimentar una ralentización o incluso una paralización de sus actividades fisiológicas (Terra de Almeida et al., 2003; Nakasone & Paull, 2004; Chan, 2009; Vásquez García et al., 2010).

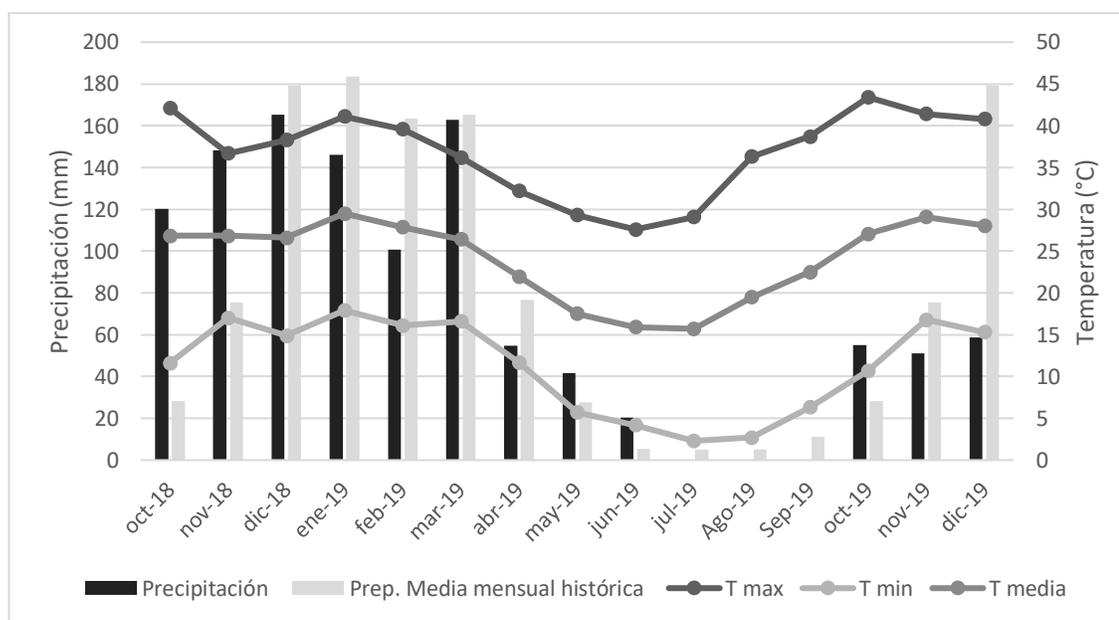


Figura 25. Temperaturas máxima, mínima y media mensual (°C), lluvia registrada durante el ensayo (octubre 2018 a diciembre 2019) y lluvia media histórica (2004 – 2018) de la Estación Experimental de Cultivos Tropicales EECT – INTA YUTO.

Figure 25: Maximum, minimum and mean monthly temperatures (°C), rainfall recorded during the trial (October 2018 to December 2019) and historical mean rainfall (2004 - 2018) of the Tropical Crops Experiment Station EECT - INTA YUTO.

En los meses de mayo y hasta agosto se registraron temperaturas mínimas (5,7; 4,2; 2,3; 2,7 °C) afectando el desarrollo normal de las plantas de este ensayo.

Las precipitaciones en el mes de octubre y noviembre de 2018 fueron superiores a la media histórica, indicando condiciones más húmedas de lo habitual. Diciembre mostró precipitaciones cercanas a la media histórica, indicando condiciones relativamente normales para este mes. En los meses de enero y febrero se presentaron precipitaciones menores a la media histórica. Desde marzo hasta octubre las medias históricas coincidieron con las precipitaciones registradas en este ensayo, presentando precipitaciones muy bajas, incluso en los meses de julio, agosto y septiembre, registró "0" precipitaciones para dicho ensayo. En el mes de diciembre de 2019 las precipitaciones fueron muy inferiores a lo registrado por la media histórica. Las lluvias en esta zona están distribuidas irregularmente en el año, este hecho confirma aún más la necesidad de riego suplementario para el cultivo (Terra de Almeida et al., 2003).

5.3.2. Evapotranspiración de referencia (ET_o) y de cultivo (ET_c)

La Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) registrada fue de 1268 mm. La ET_c estimada del cultivo de papaya fue de 1155 mm. La lámina de riego total aplicada fue de 485 mm. La precipitación registrada durante el tiempo del ensayo fue de 1119 mm bien distribuidas en los meses de octubre de 2018 a mayo de 2019; con precipitaciones que superaban el promedio histórico de lluvias en la zona (octubre y noviembre de 2018) las lluvias registradas en la primavera de 2019 fue menor comparada con el año anterior (2018), incluso noviembre y diciembre (2019) fueron menores que el promedio histórico de precipitaciones.

Los registros semanales a lo largo del ensayo se pueden observar en la figura 26. Se debe aclarar que en las dos primeras semanas de agosto se presentaron problemas con el llenado de la represa de agua de la estación experimental, lo cual impidió usar el sistema de riego por goteo del ensayo, ello obligó a realizar riego superficial en dos ocasiones (una vez por semana).

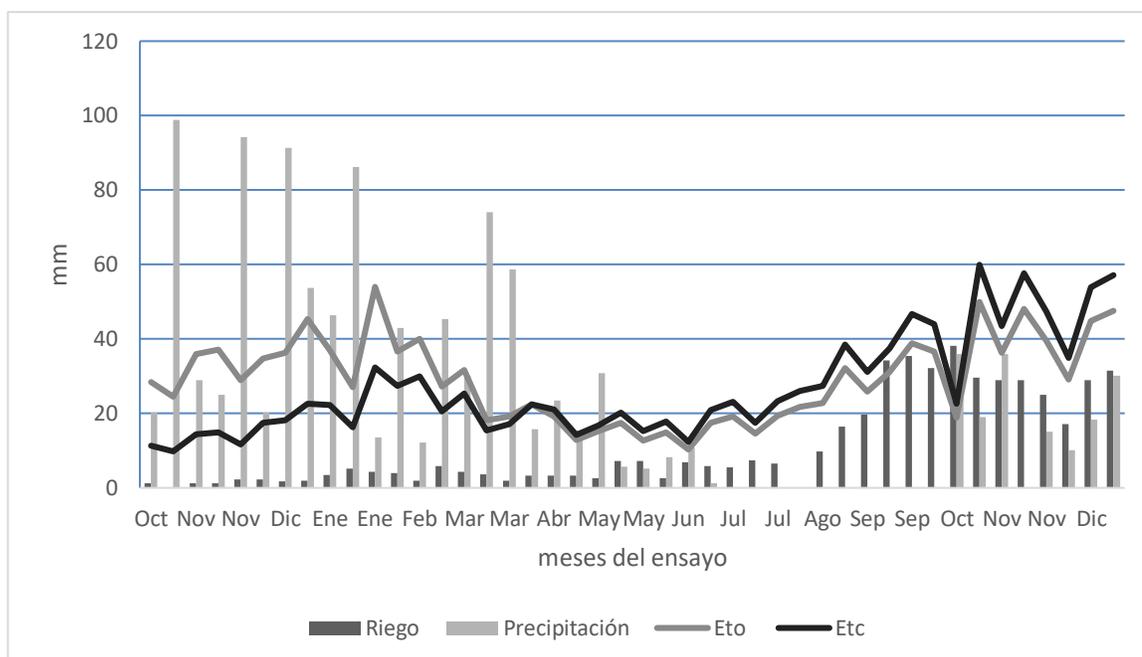


Figura 26. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo), evapotranspiración del cultivo (ETc), lámina de riego aplicada y precipitaciones registradas en función del tiempo en la EECT – INTA YUTO.

Figure 26: Reference crop evapotranspiration (ETo), crop evapotranspiration (ETc), applied irrigation depth, and recorded precipitation over time at the Experimental Station of Tropical Crops (EECT) – INTA YUTO.

5.4. Control de humedad en el suelo

5.4.1. Gravimetría

En los meses de diciembre 2018 a julio 2019 se puede ver que todas las mediciones a excepción de febrero, están cercanas a capacidad de campo (CC), la figura 27 muestra la variación del contenido de humedad en el estrato de los primeros 30 cm de suelo en los 3 tratamientos. Se puede ver que todos los tratamientos se mantienen cercanos a CC, muy próximos entre sí y que T3 -durante la mayor parte del tiempo- tiene registros un poco más bajos con respecto a T1 y T2. Esto es consecuencia de que las plantas de

este tratamiento eran más grandes, con mayor área foliar total (generando mayor evapotranspiración) mayor número de hojas por planta significa mayor consumo de agua (Medrano et al., 2007). También se observa que solo en dos oportunidades, febrero y agosto (justo al finalizar las mediciones) la humedad del suelo baja considerablemente. Ello coincide con dos eventos de importancia sucedidos en el transcurso de este ensayo, en febrero hubo un aumento importante de la ET_c y en el mes de agosto problemas con el llenado de la represa de agua de la estación experimental, lo cual impidió usar el sistema de riego por goteo del ensayo en los primeros días de agosto. La gravimetría se considera el método más exacto para medir el contenido de humedad del suelo y necesario para calibrar equipos de otros métodos (Flores Toala et al., 2021)

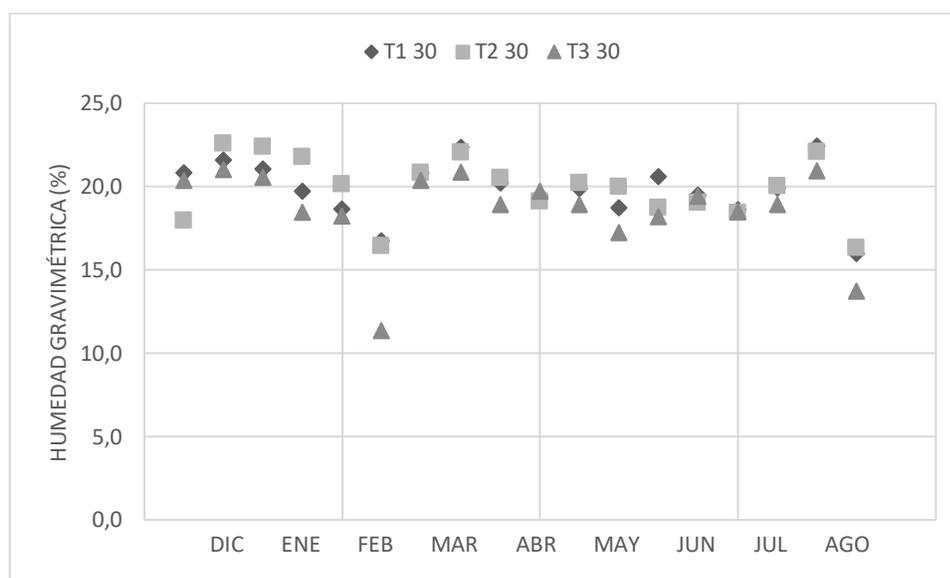


Figura 27. Contenido de humedad del suelo (0 a 30 cm) obtenida por gravimetría y en cada tratamiento

Figure 27: Soil moisture content (0 to 30 cm) obtained by gravimetry in each treatment.

En la figura 28, se puede notar que el tratamiento T3, en el estrato de suelo de 30 – 60 cm, también tiene un contenido hídrico levemente inferior en casi todas las evaluaciones, comparado con los tratamientos T1 y T2. Se mantiene la tendencia registrada en el estrato de 0 – 30 cm. La baja humedad presentada en los meses de febrero y agosto son por los eventos de importancia mencionados anteriormente.

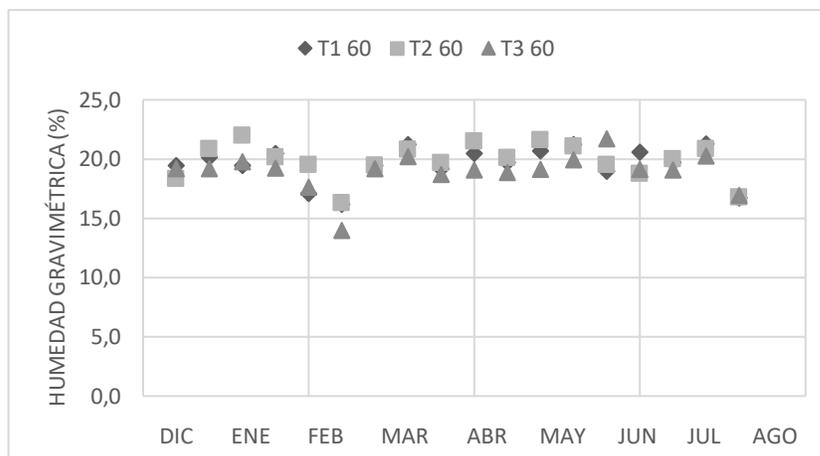


Figura 28. Contenido de humedad del suelo (30 a 60 cm) obtenida por gravimetría y en cada tratamiento

Figure 28: Soil moisture content (30 to 60 cm) obtained by gravimetry in each treatment.

En la figura 29 se muestra el contenido de humedad del suelo promedio de los tres tratamientos, separados por estrato (0-30 y 30-60 cm). Se puede observar durante todo el ensayo que la humedad del suelo es relativamente alta, solo en dos oportunidades (febrero y agosto) baja. También se observa que no hay muchas diferencias entre las humedades de los distintos estratos.

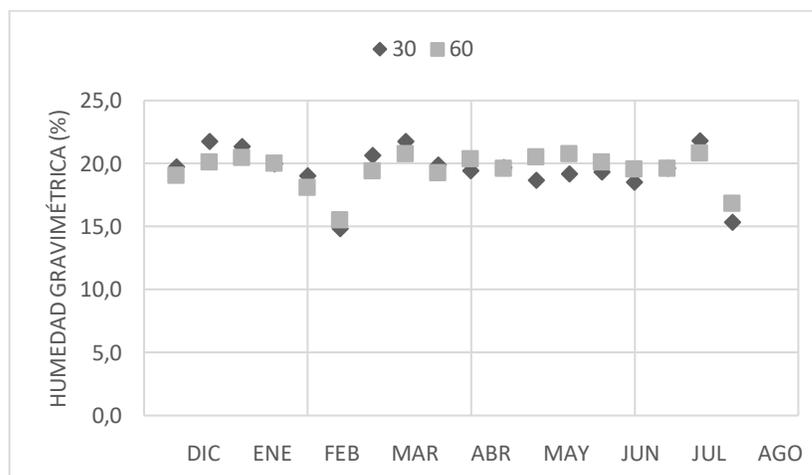


Figura 29. Humedad gravimétrica promedio de los 3 tratamientos, separados por la profundidad de muestreo.

Figure 29: Average gravimetric moisture content among the 3 treatments, separated by sampling depth.

5.4.2. Registro de humedad con tensiómetros

En el registro de la humedad del suelo en las profundidades (0 – 30 y 30 – 60 cm) para dos estaciones diferentes por los tensiómetros de humedad se puede ver en la figura 30. Se promediaron los datos mensuales de cada tensiómetro, observando que los tensiómetros que estuvieron en el primer estrato (0 – 30 cm) siguieron una tendencia similar y se mantuvieron entre 20 y 40 centibares mientras que las lecturas de los tensiómetros instalados en estrato de 30 – 60 cm tenían valores comprendidos entre 0 a 10 centibares, especialmente en los meses de febrero, abril, julio y agosto. Los datos indican que el suelo en profundidad (30 – 60 cm) se mantuvo más húmedo que en superficie (0 – 30 cm).

Estos datos siguieron la misma tendencia que los datos del método de medición de humedad del suelo por gravimetría.

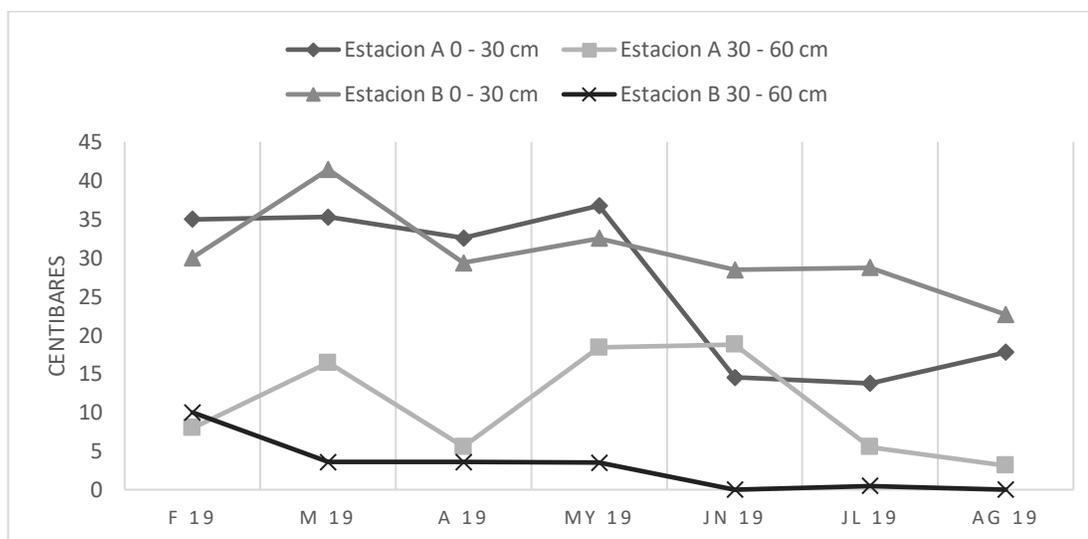


Figura 30. Registro del potencial hídrico del suelo a través de los tensiómetros colocados en dos puntos del lote de ensayo y a dos profundidades diferentes (0 – 30 cm y 30 – 60 cm) desde febrero a agosto de 2019.

Figure 30: Recording of soil water potential through tensiometers placed at two points in the trial plot and at two different depths (0 - 30 cm and 30 - 60 cm) from February to August 2019.

5.5. Registros fenológicos

5.5.1. Altura de planta

La altura de la planta fue evaluada en los 3 tratamientos a lo largo de 10 meses (desde enero hasta octubre), como se puede verificar en la tabla 7, en el primer mes no hubo diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos ($P \leq 0,05$). En los meses de febrero y marzo solo hubo diferencias entre T3 y T1. Desde abril hasta finalizar las mediciones de altura de la planta (octubre) se determinó que hubo diferencia significativa entre los tratamientos T3 (fertilización por fertirriego) y T2 (fertilización convencional) con respecto al testigo (T1), pero no se observó diferencias entre (T2 y T3). Para el mes de octubre T1 alcanzó 170,7 cm de altura mientras que T2 y T3 alcanzaron alturas de 198,5 y 200,3 cm respectivamente.

En la mayor parte de las evaluaciones, las diferencias registradas son con respecto al testigo, pero no entre técnicas de fertilización.

En este ensayo aplicando una lámina de reposición de 126% de la ETo (Ecuación 5), se registraron alturas menores. Alturas similares se registraron en la India Manjunath et al. (2017) posiblemente por haber utilizado en el ensayo la misma variedad que en este trabajo (Red Lady), con valores que rondaron los 170 a 218 cm, basados en láminas de reposición que van de 40 a 80% respectivamente de la ETo.

En ensayos similares realizados en Brasil por Terra de Almeida et al. (2003) y Nunes de Lima et al. (2015) con variedades Improved Sunrise Soil 72/12 y Grand Golden respectivamente, se obtuvieron alturas superiores (desde los 217 cm a los 274 cm) reponiendo láminas de riego desde 40% al 240% de la ETo.

En referencia a la altura de planta por litro de agua aplicada, los valores de este ensayo dieron datos de 0,030 a 0,035 mm L⁻¹ mes⁻¹ valores muy similares a los registrados por Migliaccio et al. (2010) con 0,010 a 0,033 mm L⁻¹ mes⁻¹.

Tabla 7. Medida de la altura mensual de las plantas de papaya por tratamiento**Table 7:** Measurement of monthly height of papaya plants by treatment

Fecha	T1 (cm)	T2 (cm)	T3 (cm)	P - Valor
16 - enero	92,0 ± 4,0 A	99,8 ± 4,0 A	100,9 ± 4,0 A	0,2742
15 - febrero	119,6 ± 4,1 A	125,4 ± 4,1 AB	134,9 ± 4,1 B	0,0623
18 - marzo	138,1 ± 4,2 A	149,9 ± 4,2 AB	153,8 ± 4,2 B	0,0571
15 - abril	144,9 ± 4,2 A	160,3 ± 4,2 B	162,1 ± 4,2 B	0,0252
13 - mayo	152,5 ± 3,9 A	174,3 ± 3,9 B	176,4 ± 3,9 B	0,0018
14 - junio	156,6 ± 4,3 A	178,3 ± 4,3 B	180,5 ± 4,2 B	0,0033
15 - julio	158,8 ± 3,9 A	181,0 ± 3,9 B	182,3 ± 3,9 B	0,0017
15 - agosto	164,1 ± 4,1 A	190,0 ± 4,1 B	190,8 ± 4,1 B	0,0008
16 - sept	168,1 ± 4,2 A	194,0 ± 4,2 B	195,0 ± 4,2 B	0,001
15 - octubre	170,7 ± 4,4 A	198,5 ± 4,4 B	200,3 ± 4,4 B	0,0007

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según test LSD de Fisher ($p \leq 0,05$). Los valores son medias \pm desviación estándar, $n=5$.

5.5.2. Diámetro de tallo

En el caso de la evaluación del diámetro de tallo, como se puede observar en la tabla 8 los primeros 4 meses de inicio de evaluaciones para un ($P \leq 0,05$), T3 se diferenció significativamente de T2 y T1. A partir de abril y hasta octubre (fin de las evaluaciones) los tratamientos con fertilización (T2 y T3) se diferenciaron del testigo (T1), pero no se observó diferencias entre ellos. En el mes de evaluación (octubre) el valor promedio de las plantas T1 lograron un diámetro de tallo de 103,1 mm, mientras que T2 y T3 lograron valores promedio de 130,9 y 136,7 mm respectivamente.

Terra de Almeida et al. (2003) en Brasil, con la variedad Improved Sunrise Soil 72/12 registraron diámetros similares a T3, con valores de 124, 125 y 133 mm y láminas de reposición de la ETo de 80%, 120% y 160%, los otros tratamientos indicaron menores diámetros del tallo (87 a 123 mm).

Valores un poco superiores y más bien similares a este ensayo, fueron registrados en Almería – España, por Honoré et al. (2019) que, bajo condiciones de invernadero, encontraron a las variedades “Caballero” y “Alicia” con diámetros más gruesos 148,2 y 148,1 mm respectivamente. Nunes de Lima et al. (2015) con la variedad Grand Golden obtuvo datos de diámetros más bajos, entre 77 y 83 milímetros a los 12 meses de trasplante, mismo tiempo en el que se registraron los datos en este ensayo.

Cuando se analiza el diámetro del tallo por litro de agua de riego aplicado, los valores registrados en este ensayo están en el rango de 0,027 y 0,035 mm L⁻¹(Ecuación 6.), datos por encima del primer tratamiento (0,011) y cercanos a los datos de los tratamientos basados en tensiómetros realizado por Migliaccio et al. (2009), que lograron valores de 0,031 a 0,044 mm L⁻¹.

Tabla 8. Medida mensual del diámetro basal del tallo de las plantas de papaya por tratamiento

Table 8: Monthly measurement of the basal stem diameter of papaya plants by treatment

Fecha	T1 (mm)	T2 (mm)	T3 (mm)	P - Valor
16 - enero	41,3 ± 2,4 A	46,6 ± 2,4 A B	50,7 ± 2,4 B	0,0466
15 - febrero	66,8 ± 2,5 A	68,9 ± 2,5 A	80,9 ± 2,5 B	0,0037
18 - marzo	78,9 ± 2,7 A	81,9 ± 2,7 A	97,5 ± 2,7 B	0,0007
15 – abril	83,1 ± 2,9 A	95,5 ± 2,9 B	105,5 ± 2,9 C	0,0008
13 - mayo	87,2 ± 2,8 A	103,7 ± 2,8 B	110,7 ± 2,8 B	0,0002
14 - junio	91,3 ± 3,7 A	111,0 ± 3,7 B	116,7 ± 3,7 B	0,001
15 - julio	94,5 ± 3,6 A	119,4 ± 3,6 B	122,3 ± 3,6 B	0,0002
15 - agosto	98,6 ± 3,7 A	123,7 ± 3,8 B	126,8 ± 3,8 B	0,0003
16 – sept	101,3 ± 3,9 A	128,9 ± 3,9 B	132,7 ± 3,9 B	0,0002
15 - octubre	103,1 ± 3,9 A	130,9 ± 3,9 B	136,7 ± 3,9 B	0,0001

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según test LSD de Fisher ($P \leq 0,05$). Los valores son medias ± desviación estándar, n=5.

5.5.3. Número de hojas totales por planta

La tabla 9 muestra que en los primeros 2 meses (enero y febrero) no hay diferencias significativas para la variable en estudio, entre los tratamientos con fertilización (T2 y T3) y el testigo (T1). Desde el mes de abril y hasta septiembre se observó diferencia estadística significativa entre los tratamientos T2 y T3 con respecto a T1, sin embargo, entre T2 y T3 no presentaron diferencias significativas.

Tabla 9. Número de hojas totales por planta

Table 9: Total number of leaves per plant

Fecha	T1	T2	T3	P - Valor
enero	15,4 ± 0,6 A	15,6 ± 0,6 A	16,7 ± 0,6 A	0,2786
febrero	16,6 ± 0,6 A	16,4 ± 0,63 A	18,3 ± 0,63 A	0,0965
marzo	18,6 ± 0,4 A	19,4 ± 0,42 A B	20,1 ± 0,42 B	0,0869
abril	15,8 ± 0,6 A	18,1 ± 0,61 B	19,7 ± 0,61 B	0,0028
junio	17,1 ± 0,75 A	21,1 ± 0,75 B	23,0 ± 0,75 B	0,0004
julio	7,6 ± 0,9 A	16,4 ± 0,9 B	18,9 ± 0,9 B	0,0001
agosto	6,8 ± 0,8 A	13,5 ± 0,8 B	13,9 ± 0,8 B	0,0001
sept	9,3 ± 0,4 A	12,9 ± 0,4 B	13,7 ± 0,4 B	0,0001
octubre	8,7 ± 0,6 A	11,8 ± 0,6 B	13,9 ± 0,6 C	0,0002

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según test LSD de Fisher ($P \leq 0,05$). Los valores son medias \pm desviación estándar, $n=5$.

Para el mes octubre el tratamiento de fertirrigación (T3) presentó mayor desarrollo foliar con 13,9 hojas por planta mes^{-1} , superior a T2 con 11,8 hojas por planta mes^{-1} y T1 con 8,7 hojas por planta mes^{-1} .

Mahouachi y Marrero-díaz. (2022) en Islas Canarias (España) en un ensayo realizado sobre dos variedades de papaya (Intenzza y Siluet), registraron que el promedio de hojas funcionales por planta/mes rondaron entre 42 y 39 hojas respectivamente. Estos datos fueron superiores a lo registrado en el presente ensayo que presentó entre 13 y 23 hojas por planta para T3, 11 y 21 hojas/planta para T2 y 7 a 19 hojas activas para T1 (testigo), tratamiento que diferenció un menor número de hojas/planta.

5.5.4. Emisión de hojas nuevas por planta en cada tratamiento

El conteo de hojas nuevas emitidas por planta por tratamiento en cada evaluación (una vez por mes), demostró que los meses de mayo, junio, julio y septiembre tuvieron diferencia estadística significativa (Tabla 10). En los meses de mayo, julio y septiembre el tratamiento con fertirrigación (T3) se diferenció del testigo (T1), pero el tratamiento con fertilización convencional (T2) no se diferenció de T1.

Tabla 10. Emisión mensual de hojas nuevas por planta por tratamiento

Table 10: Monthly emission of new leaves per plant by treatment

Meses	Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3		P-valor
	Mediana	Rangos	Mediana	Rangos	Mediana	Rangos	
Enero	12,70	7,80	11,70	7,40	13,00	8,80	0,8771
Febrero	12,33	6,50	12,00	6,30	14,33	11,20	0,1452
Marzo	5,67	4,70	6,33	8,20	7,33	11,10	0,0718
Abril	7,33	6,20	7,67	7,50	8,33	10,30	0,3211
Mayo	4,33	3,20 A	5,33	9,90 B	6,00	10,90 B	0,0115
Junio	3,00	4,00 A	4,33	11,60 B	3,67	8,40 AB	0,0234
Julio	2,67	4,30 A	3,00	7,10 AB	3,67	12,60 B	0,0077
Agosto	3,33	5,80	4,67	10,70	4,00	7,50	0,2015
Septiembre	5,33	4,20 A	6,67	9,30 AB	6,67	10,50 B	0,0497
Octubre	5,00	4,80	6,67	10,00	7,00	9,20	0,1384

En el mes de junio T2 si se diferenció de T1, pero T3 no presentó diferencias significativas con T1. En los meses de enero, febrero, marzo, abril, agosto y octubre no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

En el ensayo realizado por Terra de Almeida et al. (2003), el tratamiento T4 (120% ETo) emitió entre 7 a 13 hojas en promedio, dato muy similar a lo registrado en este ensayo que estuvieron entre 6 - 14 hojas nuevas por planta para el T3 (fertirriego), T2 (fertilización convencional) estuvo en el rango de 4,3 a 12 hojas nuevas por planta. En el conteo total de hojas emitidas por planta por tratamiento (Tabla 11), hubo diferencia significativa donde T3 se diferenció de T1, no obstante, T2 no presentó diferencia significativa con T1.

Tabla 11. Emisión mensual acumulada de hojas nuevas por planta y por tratamiento**Table 11:** Monthly cumulative emission of new leaves per plant and by treatment

Tratamiento	Medianas	Rango	P - valor
T1	61,70	3,10 A	0,0042
T2	71,00	8,50 AB	
T3	74,00	12,40 B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$)

5.5.5. Estimación del área foliar total (AFT) del árbol de papaya

Desde enero hasta marzo, el testigo (T1) y fertilización convencional (T2) no presentaron diferencia estadística significativa entre sí para la variable “estimación del área foliar total” (Tabla 12), pero si T2 y T1 presentaron diferencia estadística para ($P \leq 0,05$) con fertirrigación (T3). Desde abril hasta septiembre, T3 y T2 no presentaron diferencia significativa entre sí, pero estos a la vez se diferenciaron de T1.

Tabla 12. Estimación mensual del área foliar total del árbol de papaya**Table 12:** Monthly estimation of the total leaf area of the papaya tree

Fecha	T1	T2	T3	P - Valor
enero	1,9 ± 0,2 A	2,1 ± 0,2 A	2,7 ± 0,2 B	0,0089
febrero	2,7 ± 0,2 A	2,6 ± 0,2 A	3,6 ± 0,2 B	0,0196
marzo	3,0 ± 0,2 A	3,4 ± 0,2 A B	3,9 ± 0,2 B	0,0227
abril	2,2 ± 0,2 A	3,5 ± 0,2 B	3,8 ± 0,2 B	0,0001
junio	2,5 ± 0,23 A	3,7 ± 0,2 B	3,9 ± 0,2 B	0,0013
julio	0,6 ± 0,2 A	1,9 ± 0,2 B	2,1 ± 0,2 B	0,0001
agosto	0,3 ± 0,1 A	1,1 ± 0,1 B	1,1 ± 0,1 B	0,0001
sept	0,5 ± 0,1 A	1,3 ± 0,1 B	1,4 ± 0,1 B	0,0001
octubre	0,6 ± 0,2 A	1,4 ± 0,2 B	1,9 ± 0,2 C	0,0002

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según test LSD de Fisher ($P \leq 0,05$). Los valores son medias ± desviación estándar, n=5.

Para el mes de octubre (último mes de esta evaluación) se diferenciaron los 3 tratamientos entre sí, observando que T3 fue superior a T2 y T1 respectivamente (ver tabla 12). T3 fue el que presentó mayor área foliar total alcanzando 1,94 m², le sigue T2 con 1,42 m² y T1 con 0,64 m². Los mayores valores de estimación del área foliar de T3 (1,94), T2 (1,42) y T1 (0,64) como así también de altura de planta, de diámetro de tallo y el número de hojas por planta demuestra la existencia de plantas más vigorosas y fuertes, asociado al aporte de fertilizantes en diferentes formas, más evidentes en T3 (fertirrigación) que en T2 (fertilización tradicional), el T1 no tuvo aportes de fertilizantes por ser el tratamiento testigo.

5.5.6. Número de flores promedio emitidas por mes de cada tratamiento

El número de flores emitidas en cada evaluación (una vez por mes) por tratamiento demostró en algunos meses (Tabla 13), como en enero, marzo y julio, que hubo diferencia estadísticamente significativa para la variable número de flores emitidas por mes, diferenciándose en enero y julio el tratamiento fertirrigación (T3) del testigo (T1), pero fertilización convencional (T2) no presentó diferencia significativa con T1.

Tabla 13. Registro mensual de número de flores normales por planta

Table 13: Monthly record of the number of normal flowers per plant

Meses	Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3		P-valor
	Mediana	Rangos	Mediana	Rangos	Mediana	Rangos	
Enero	6,70 A	3,6	9,0 AB	7,9	10,3 B	12,5	0,0067
Febrero	5,7	7,7	6,3	9,7	5,3	6,6	0,5357
Marzo	4,0 A	3,9	6,0 B	11,5	5,3 AB	8,6	0,0192
Abril	4,3	8,4	4,0	4,7	4,7	10,9	0,0721
Mayo	3,7	4,8	4,3	9,2	4,7	10,0	0,1374
Junio	3,0	4,4	3,3	10,6	3,3	9,0	0,0602
Julio	2,7 A	3,8	3,0 AB	7,6	3,7 B	12,6	0,0050
Agosto	3,0	6,2	3,7	10,4	3,3	7,4	0,2959
Setiembre	4,7	8,8	4,3	4,8	5,0	10,4	0,1138
Octubre	2,67	4,40	5,33	9,80	6,33	9,80	0,0850

Para el mes de marzo, T2 se diferenció significativamente de T1 y T3 no presentó diferencia estadística respecto a T1.

Para el registro acumulado de flores al final de las 10 evaluaciones (Tabla 14), se registró diferencia significativa entre tratamientos, los tratamientos a los cuales se les aplicó fertilizantes T2 (fertilización convencional) y T3 (fertilización con fertirrigación) se diferenciaron del tratamiento testigo (T1). Demostrando que el aporte de fertilizantes influye para una mayor floración. El nitrógeno es importante para aumentar la productividad de la papaya (Velasco Souza et al., 2007; Marinho et al., 2008) y el potasio posee mucha importancia durante la fase de floración (De Araujo Viana et al., 2008; Gomes Oliveira et al., 2009).

Tabla 14. Registro acumulado (enero a octubre) de número de flores normales por planta y en cada tratamiento

Table 14: Cumulative record (January to October) of the number of normal flowers per plant and in each treatment

Tratamiento	Medianas	Rango	P -Valor
T1	42,3	3,0 A	0,0060
T2	49,7	9,2 B	
T3	51,3	11,8 B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$)

5.5.7. Número de flores estériles por mes en cada tratamiento

No se registraron diferencias significativas entre tratamientos desde el mes de enero hasta el mes de mayo. Es importante aclarar que desde junio hasta octubre no se registraron flores estériles en ningún tratamiento (Tabla 15). La formación de flores con la parte femenina no funcional (esterilidad femenina) se da cuando se registran temperaturas mayores a 35°C (Terra de Almeida et al., 2003), esto está muy relacionado a las altas temperaturas registradas en los meses de enero y febrero en el ensayo.

Tabla 15. Registro mensual de número de flores estériles por planta y en cada tratamiento

Table 15: Monthly record of the number of sterile flowers per plant and in each treatment

Meses	Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3		P-valor
	Mediana	Rangos	Mediana	Rangos	Mediana	Rangos	
Enero	0,0	8,2	0,0	5,5	0,7	10,3	0,1750
Febrero	0,7	6,9	1,3	9,4	1,0	7,7	0,6480
Marzo	0,7	8,8	0,3	6,5	0,3	8,7	0,6399
Abril	0,3	10,6	0,0	7,4	0,0	6,0	0,0986
Mayo	0,7	10,0	0,0	5,0	0,3	9,0	0,1073
Junio	0	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0
Setiembre	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0	0

En el registro acumulado de flores estériles por planta y en cada tratamiento (Tabla 16), desde el mes de enero hasta el mes de octubre (último mes de evaluación), no presentó diferencia estadísticamente significativa ($P > 0,05$) entre los tratamientos.

Tabla 16. Registro acumulado (enero a octubre) de número de flores estériles por planta y en cada tratamiento

Table 16: Cumulative record (January to October) of the number of sterile flowers per plant and in each treatment

Tratamiento	Medianas	Rango	P -Valor
T1	2,7	8,8	0,7512
T2	1,7	6,8	
T3	2,3	8,4	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$)

5.7. Rendimiento y calidad del fruto

5.7.1. Días promedio transcurridos a cuaje y cosecha del primer fruto

El registro de la precocidad para el cuaje del primer fruto y cosecha del primer fruto, está detallada en la tabla 17, en ella se puede observar que el tratamiento con fertirrigación (T3) se diferenció significativamente ($p > 0,07$) del tratamiento con fertilización convencional (T2) y del tratamiento testigo (T1), con respecto al tiempo de cuaje del primer fruto.

Caso contrario sucedió en lo referente al tiempo de cosecha, la cosecha del primer fruto, donde no se registró diferencia significativa entre los tratamientos según el test LSD Fisher.

Los días transcurridos para el cuaje del primer fruto para T3 fueron 117,2 días, tardando 30,1 días menos que T2 y 30,5 días menos T1. En la cosecha del primer fruto no mostraron diferencias significativas entre tratamientos, a pesar de tener casi 50 días de diferencia entre T3 respecto de T2 y T1. Esto podría ser explicado debido a la gran variabilidad observada y al bajo registro de datos ($n=5$).

La cosecha más precoz de este ensayo, fue el tratamiento fertirrigación (T3) a los 322 días después del trasplante, dato similar a lo registrado por Armella (2020) en un ensayo realizado en esta misma localidad, con el mismo híbrido (Red Lady) entre los años 2016 – 2017 para condiciones de campo este mismo híbrido (290 días).

Tabla 17. Tiempo (días) transcurridos a cuaje y a cosecha del primer fruto por tratamiento

Table 17: Time (days) elapsed to fruit set and harvest of the first fruit by treatment

Tratamiento	Días transcurridos a cuaje	Días transcurridos a cosecha
1	147,7 ± 9,7 B	373,2 ± 20,0 A
2	147,3 ± 9,7 B	370,0 ± 20,0 A
3	117,2 ± 9,7 A	322,2 ± 20,0 A
P - valor	0,0744	0,1735

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según test LSD de Fisher ($P \leq 0,05$). Los valores son medias \pm desviación estándar, $n=5$.

5.7.2. Número de frutos por tratamiento

El número de frutos por tratamiento contabilizados en cada evaluación (una vez por mes), demostró en algunos meses como en febrero, marzo y mayo que hubo diferencia estadísticamente significativa, donde T3 se diferenció de T1 (febrero y mayo) y de T2 (febrero y mayo) (Tabla 18). En los restantes meses no tuvieron diferencias significativas entre tratamientos. T3 (fertilización por fertirriego) -el valor más alto- que logró una mediana de 12,7 frutos por planta año⁻¹, T2 (fertilización convencional) y T1 (testigo) 9,3 y 3,7 frutos por planta año⁻¹ respectivamente.

Datos muy similares a este ensayo, fue lo registrado por Manjunath et al. (2017) en la India, con la misma variedad (Red Lady). Dicho autor aplicó riegos con un solo emisor y dos emisores, alternando el riego de un lado y -luego de un determinado tiempo- del otro lado de planta, reponiendo la ETo a diferentes porcentajes (40%, 50%, 60% y 80%) registraron de 14,5 a 31,2 frutos por planta año⁻¹.

Por otro lado, resultados también cercanos a los de este ensayo, fue lo realizado en Brasil por Nunes de Lima et al. (2015), que a los 11 meses desde trasplante con la variedad Grand Golden del grupo Solo y aplicando riegos parciales (PRD) y deficitarios (RDI) entre el 70 y 100% de la Eto, registró entre 30 y 41 frutos por planta año⁻¹. Entre tanto, Honoré et al. (2019) en España, con variedades como Intenza, Sweet Sense, Vitale, Caballero, Alicia, Siluet lograron entre 12 a 40 frutos por planta año⁻¹.

Datos muy superiores y alejados de los datos observados en este ensayo, fueron los registrados por Bastos Lyra et al. (2008) en Brasil, que reponiendo la ETo a diferentes porcentajes (50%, 70%, 90%, 110% y 130%) con la variedad Golden (grupo Solo), registró entre 71,5 y 81,6 frutos por planta año⁻¹. Las producciones de Migliaccio et al. (2009) fueron de 61 a 166 frutos por planta año⁻¹, en dos ensayos realizados al sur de la Florida con diferentes láminas de reposición de agua, con la variedad X17-2xSR *transgenic line*. En el ensayo realizado en España por Jalel Mahouachi y Marrero-Díaz (2022) aplicando déficit hídricos severos y moderados aportando 50% y 66% de la ETo, obtuvieron datos muy superiores -entre 55 - 67 y 79 - 81 frutos por planta año⁻¹ para las variedades Intenza y Siluet respectivamente. Estas variedades que fueron evidentemente altamente superiores en número de frutos por planta (Golden, Grand Golden, Siluet, Sweet Sense, Vitale y Alicia) son de menor volumen y por lo tanto de menor peso, el peso promedio de todas estas variedades mencionadas está entre los

0,390 a 0,779 Kg, lo que quiere decir que son variedades que en su característica genética la producción es de mayor número de frutos por planta, pero sus frutos son de menor peso.

Tabla 18. Registro mensual de frutos por planta en cada tratamiento

Table 18: Monthly record of fruits per plant in each treatment

Meses	Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3		P-valor
	Mediana	Rangos	Mediana	Rangos	Mediana	Rangos	
Enero	0,0	7,0	0,0	8,4	0,0	8,6	0,5811
Febrero	0,7	6,6 A	0,3	5,0 A	5,3	12,4 B	0,0204
Marzo	0,3	7,0 AB	0,3	4,9 A	1,7	12,1 B	0,0217
Abril	2,7	5,2	3,3	9,3	3,3	9,5	0,2215
Mayo	,00	3,6 A	1,3	11,0 B	1,3	9,4 B	0,0166
Junio	000	5,1	0,7	11,0	0,3	7,9	0,0839
Julio	0,0	8,6	0,0	7,0	0,0	8,4	0,5811
Agosto	0,0	6,7	0,3	8,9	0,3	8,4	0,6839
Setiembre	0,3	5,0	2,0	10,7	1,7	8,3	0,1267
Octubre	0,0	7,0	0,0	10,0	0,0	7,0	0,1173

En el conteo total de número de frutos por planta y por tratamiento (Tabla 19) hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) donde T3 y T1, no así T2 respecto a T1 y T3.

Tabla 19. Registro total de frutos tratamiento

Table 19: Total record of fruits by treatment

Tratamiento	Medianas	Rango	P-Valor
T1	3,67	5,20 A	0,0477
T2	9,33	6,90 AB	
T3	12,67	11,90 B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$)

5.7.3. Número de frutos deformes por planta por tratamiento

El conteo de frutos deformes por tratamiento (Tabla 20) en cada evaluación (una vez por mes), demostró que en algunos meses -como marzo y abril- hubo diferencias significativas en donde T3, fue el mayor número de frutos deformes y se diferenció de T1 y T2, pero T2 no se diferenció de T1. En los meses de junio y septiembre no se tuvo diferencia significativa entre tratamientos. Es importante resaltar que en los meses de enero, febrero, mayo, julio, agosto y octubre no existieron frutos deformes (datos = 0).

Tabla 20. Registro mensual de frutos deformes en cada tratamiento

Table 20: Monthly record of deformed fruits in each treatment

Meses	Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3		P-valor
	Mediana	Rangos	Mediana	Rangos	Mediana	Rangos	
Enero	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	6,0 A	0	6,0 A	0,7	12,0 B	0,0069
Abril	0	6,7 AB	0	5,5 A	0,7	11,8 B	0,0186
Mayo	0	0	0	0	0	0	0
Junio	0	6,0	0	9,2	0	8,8	0,2818
Julio	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0
Setiembre	0	6,0	0	7,6	0,3	10,4	0,1266
Octubre	0	0	0	0	0	0	0

En el conteo total de frutos deformes por planta, hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) donde T3 se diferenció de T1 (Tabla 21), sin embargo, T2 no se diferenció de T1. Demostrando así que T3 registró más cantidad de frutos deformes que T2 y T1.

Tabla 21. Registro acumulado (enero a octubre) de frutos deformes en cada tratamiento

Table 21: Cumulative record (January to October) of deformed fruits in each treatment

Tratamiento	Medianas	Rango	P-Valor
T1	0,0	5,40 A	0,0414
T2	0,0	6,90 AB	
T3	2,0	11,70 B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$)

5.7.4. Número de frutos abortados por tratamiento

El conteo de frutos abortados en cada evaluación (una vez por mes), por tratamiento, demostró que solo en el mes de octubre hubo diferencias significativas (Tabla 22). En los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo no se tuvo diferencia significativa entre tratamientos.

Es importante resaltar que en los meses de junio, julio, agosto y septiembre no se registró frutos abortados.

Tabla 22. Registro mensual de frutos abortados en cada tratamiento

Table 22: Monthly record of aborted fruits in each treatment

Meses	Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3		P-valor
	Mediana	Rangos	Mediana	Rangos	Mediana	Rangos	
Enero	6,7	10,7	4,3	7,8	1,7	5,5	0,1815
Febrero	4,3	9,8	4,7	9,2	3,7	5,0	0,1753
Marzo	0	8,3	0,3	9,4	0	6,3	0,4475
Abril	0	7,8	0	7,3	0	8,9	0,7583
Mayo	0	9,0	0	7,5	0	7,5	0,3679
Junio	0	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0
Setiembre	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	2,3	12,1 B	1,0	6,8 AB	0,7	5,1 A	0,0322

En el conteo total de número de frutos promedio abortados por planta por tratamiento, hubo diferencia estadística significativa ($p > 0,05$), donde el tratamiento con fertirrigación (T3) se diferenció del tratamiento testigo (T1), sin embargo, el tratamiento al cual se le aplicó fertilizantes de forma convencional (T2) no tuvo diferencias con T1 (Tabla 23). El tratamiento que contabilizó el mayor número de frutos abortados con una mediana de (13,7) fue el tratamiento T1. Este dato explica por qué el tratamiento testigo, fue el tratamiento que registró menor número de frutos por planta.

Tabla 23. Registro acumulado (enero a octubre) de frutos abortados en cada tratamiento

Table 23: Cumulative record (January to October) of aborted fruits in each treatment

Tratamiento	Medianas	Rango	P -Valor
T1	13,7	11,6 B	0,0392
T2	8,7	8,0 AB	
T3	5,7	4,4 A	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$)

5.7.5. Peso, diámetro ecuatorial y longitud del fruto promedio por tratamiento

En referencia al peso, el test LSD Fisher indica que no hay diferencia significativa ($p > 0,05$). Pero para un P valor de 0,07 si dio diferencia significativa entre tratamientos, T1 se diferenció de T3, indicando que T3 tuvo los frutos con mayor peso respecto de los tratamientos mencionados (Tabla 24). T2 no se diferenció de T1. Si bien el ANOVA indica que no hay diferencia significativa, el test de LSD utilizado muestras diferencias entre T3 y T1, indicando que T3 tuvo los frutos con mayor peso.

Los pesos registrados en este ensayo fueron T1= 1,41 Kg, T2= 1,56 Kg y T3= 1,88 Kg con una lámina de reposición del agua basados en una ETo al 126%.

Resultados similares se obtuvieron en un ensayo realizado en Brasil, Dos Santos et al. (2009); Honoré et al. (2019) y Mahouachi & Marrero-Díaz (2022) registraron valores de peso por fruto, entre 0,9 Kg y 2,45 Kg con variedades como Intenza, Sweet Sense, Vitale, Caballero, Alicia, Siluet y Tainung Nro. 1, independientemente de los regímenes hídricos a los que fueron sometidos.

Pesos promedios del fruto tuvieron registros menores en los trabajos de Bastos Lyra et al. (2007); Nunes de Lima et al. (2015) y Mahouachi & Marrero-Díaz (2022) con variedades como Golden, Grand Golden y Siluet que pesaron entre los 0,39 a 0,7 Kg. Estas diferencias se justifican ya que las variedades del grupo Solo como Golden y Grand Golden, producen frutos más pequeños y mayor número de frutos por planta que el híbrido Red Lady del presente ensayo.

Para el caso de diámetro del fruto (Tabla 24) el test LSD Fisher no encontró diferencias significativas entre tratamientos (T1, T2 y T3).

Con respecto al diámetro del fruto este ensayo tuvo con T3 (fertilización por fertirriego) el valor máximo con 14,25 cm, superior al registrado por Bastos Lyra et al. (2008) de 8,5 cm, variedad Golden en T4, en un tratamiento al cual se le aplicó una lámina de reposición de la ETo de 110%.

Para los registros de longitud, el test LSD Fisher no encontró diferencias significativas ($p > 0,05$) entre tratamientos (T1 y T2), sin embargo, T3 si se diferenció de T1 y T2, los datos indican que T3 tenía los frutos de mayor longitud (Tabla 24).

Este ensayo registró (entre 19,6 a 22,7 cm) valores superiores a los registrados en Brasil por Bastos Lyra et al. (2008) que tuvieron un rango de 13,6 a 13,9 cm, con diferentes láminas de reposición de la ETo y con la variedad Golden. Mahouachi y Marrero-Díaz (2022) en España, tuvo valores para la variedad Intenza de 16,9 a 18,3 cm y para la variedad Siluet de 14,1 a 15 cm, ya sea bien regadas o con déficit hídrico. De esta forma, la producción alcanzada y durante el periodo de cosecha evaluado (165 días = 5,5 meses) por T3 fue de 30,2 t. ha⁻¹ desde cosecha de los primeros frutos hasta el final del ensayo en diciembre 2019, muy superior a T2 (18,6) y T1 (6,5) t. ha⁻¹.

Tabla 24. Peso, diámetro ecuatorial y longitud del fruto por tratamiento

Table 24: Weight, equatorial diameter, and fruit length by treatment.

Tratamiento	Peso (kg)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)
T1	1,4 ± 0,1 A	13,0 ± 0,6 A	19,6 ± 0,8 A
T2	1,6 ± 0,1 AB	13,7 ± 0,6 A	20,1 ± 0,8 A
T3	1,9 ± 0,1 B	14,3 ± 0,6 A	22,7 ± 0,8 B
P - valor	0,0769	0,3431	0,0362

Para el test LSD Fisher medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cabe mencionar que el cultivo debería haber seguido produciendo hasta octubre 2020 durante 307 días o 10,2 meses más, pero desafortunadamente el ensayo se suspendió (pandemia 2020).

5.7.6. Espesor de la pulpa, firmeza y contenido de Sólidos Solubles Totales

Según el test LSD Fisher no se encontró diferencia significativa ($p > 0,05$), pero si encontraron diferencias a un P valor de 0,08 en las medias del espesor de la pulpa entre tratamientos (T1, T2 y T3). T3 se diferenció de T1, pero T2 no se diferenció de T1. Esto evidencia que T3 tenía los frutos con la pulpa más gruesa que T1, ver tabla 25.

En el caso de la resistencia a la penetración de la pulpa (firmeza de la fruta), el test LSD Fisher encontró diferencia estadística a un P valor de 0,07. T3 se diferenció significativamente de T1, pero T2 no se pudo diferenciar de T1 (Tabla 25). Sin embargo (T2 y T3) no se diferenciaron significativamente. El tratamiento T3 tenía la pulpa con mayor resistencia a la penetración respecto a T1 y T2. T3 = 4,9 Lbs cm² frente a los 4,3 Lbs cm² de T1 y T2.

Según el test LSD Fisher en el registro de contenido de sólidos solubles totales se encontró diferencia estadísticamente significativa a un P valor ($P > 0,056$) entre tratamientos. Se observó diferencia significativa entre T2, que tenía la mayor cantidad de sólidos solubles totales con respecto a T3, pero no hubo diferencias entre T1 y T2 (Tabla 25). Esta diferencia podría estar relacionada al tiempo de cosecha de los frutos entre tratamientos.

Tabla 25. Espesor de pulpa, firmeza de pulpa y contenido de sólidos solubles totales del fruto

Table 25: Flesh thickness, flesh firmness and total soluble solids content of the fruit.

Tratamiento	Espesor de pulpa (cm)	Firmeza de pulpa (Lbs cm ²)	Grados ° Brix
T1	2,5 ± 0,1 A	4,3 ± 0,2 A	7,9 ± 0,4 AB
T2	2,6 ± 0,1 AB	4,3 ± 0,2 AB	8,5 ± 0,4 B
T3	2,8 ± 0,1 B	4,9 ± 0,2 B	7,1 ± 0,4 A
P - valor	0,0820	0,0702	0,0563

Para el test LSD Fisher medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

T3 presentó frutos más tempranos a la cosecha y coincidió con bajas temperaturas del invierno y menos horas de radiación solar, entendiendo que ello generó menos cantidad de sólidos solubles, este ensayo registró valores T1 = 7,9; T2 = 8,5; T3 = 7,1 °Brix.

Galán-Saúco y Rodríguez-Pastor (2007) señalan que las temperaturas inferiores a 20°C tienen un efecto negativo considerable sobre la papaya, provocando problemas como carpeloidía, cambios de sexo, disminución de la viabilidad del polen y reducción en el contenido de azúcar en los frutos. De acuerdo con Collavino et al. (2016) citando a Knight (1980), la papaya, siendo un cultivo tropical, se desarrolla mejor en condiciones agroecológicas con alta radiación solar y ausencia de heladas. el desarrollo óptimo de la papaya ocurre dentro del rango de temperaturas de 21°C a 33°C. Cuando las temperaturas caen por debajo de los 18°C, se observa una disminución en el contenido de azúcares totales en frutos.

Sagvekar et al. (2023) indican que los frutos de papaya de excelente calidad se desarrollan en climas subtropicales suaves. Sin embargo, en climas cálidos, soleados y secos, la fruta tiende a adquirir una mayor dulzura, lo que mejora su calidad organoléptica.

Manjunath et al. (2017) en la India con la misma variedad con la que se trabajó en este ensayo (Red Lady) registró el valor más alto que fue de 13 °Brix, con una lámina de reposición de la ETo de 40% y con un solo emisor de riego, aun así, tuvo un valor superior al valor más alto de este ensayo que fue registrado en T2 (8,5). El dato de T2 fue similar a los registrados por los otros 11 tratamientos de este mismo autor que están en el rango de los 7 a 10,8 °Brix, independientemente de los regímenes hídricos a los cuales fueron sometidos. Dos Santos et al. (2009) en Brasil con la variedad Tainung Nro. 1, logró valores de 11,7 a 12,65 °Brix, Honoré et al. (2019) en España evaluando 5 variedades diferentes (Intenzza, Sweet Sense, Vitale, Caballero y Alicia) tuvieron un registro en un rango de 9,14 a 10 ° Brix. Jalel Mahouachi y Marrero-Díaz (2022) en España, tuvieron datos altos con registros entre 11,2 – 11,4 °Brix en la variedad Siluet, ya sea bien regadas o con déficit hídrico. En la variedad intenzza, de la misma forma, los dos tratamientos, tuvieron un registro entre 10,1 y 9,6 °Brix.

5.7.7. Porcentaje de frutos infectados con antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) y severidad del ataque de Mancha negra (*Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl.)

Según el test LSD Fisher, se encontró diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0,05$) entre tratamientos para la variable porcentaje de frutos infectados con antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), T1 se diferenció de T3 y ambos no se diferenciaron de T2. Como de todas formas, T2 no se diferenció de T1 (Tabla 26). Se observa que T1 tuvo mayor porcentaje de frutos infectados por antracnosis (45%) seguido por el T2 (27%) y el tratamiento con menos frutos infectados fue el T3 (7%).

Con respecto al grado de severidad de Mancha Negra (*Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl.) y siguiendo la metodología de Vivas et al. (2010), los resultados indican que no hubo diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 26), todos los frutos de los 3 tratamientos en promedio tuvieron el mismo grado de severidad que rondó entre 5,1 a 5,6 que corresponden al rango de los 5% – 8% de la superficie de fruto lesionada.

Tabla 26. Porcentaje de frutos infectados con antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), severidad de daño por mancha negra (*Asperisporium caricae* (Speg.)
Table 26: Percentage of fruits infected with anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), severity of damage by black spot (*Asperisporium caricae* (Speg.)

Tratamiento	Antracnosis (%)	Asperisporium (%)
T1	45 ± 0,1 B	5,2 ± 0,7 A
T2	27 ± 0,1 AB	5,1 ± 0,7 A
T3	7 ± 0,1 A	5,6 ± 0,7 A
P - valor	0,0064	0,3206

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según test LSD de Fisher ($P \leq 0,05$). Los valores son medias \pm desviación estándar, n=5.

Según Armella (2017) las lesiones foliares y de fruto causadas por el hongo *Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl es una de las enfermedades más comunes en el cultivo en la zona, la presencia de este hongo genera disminución de la calidad comercial de los frutos, y facilita el desarrollo de infecciones pos-cosecha (Vivas et al., 2012) La severidad de la enfermedad está directamente relacionada con el período de lluvias en coincidencia con bajas temperaturas (Dianese et al., 2008).

La firmeza y el grosor de la pulpa están asociados con una menor incidencia de (*Colletotrichum gloeosporioides*), estos factores brindan mayor tolerancia a la infección de dicha enfermedad.

Castro Cabrera (2009) citando a Chan y Tan (1982) explican que la maduración de los frutos de papaya implica un ablandamiento de la pulpa, que pasa de ser dura y correosa a blanda y jugosa. Este cambio es el resultado de la degradación de pectinas, hemicelulosas y celulosas en la pared celular, mediada por enzimas específicas. La fertilización a través del sistema de riego por goteo, favorece este proceso de manera controlada (pulpa de frutos con mayor firmeza), por lo que prolonga la vida en anaquel de los frutos, mejorando su calidad.

Jeyakumar et al. (2002) evaluaron el rendimiento de papaya cv. Co. 2 en Coimbatore - India (2000-2001). Los mejores resultados en características como número de frutos, peso y grosor de pulpa se lograron aplicando 10 l de agua diarios, junto con fertirrigación semanal (13,5 g de urea y 10,5 g de potasa) hasta los 8 meses, y superfosfato al suelo (278 g/planta) bimensualmente. Este manejo superó al tratamiento con riego por inundación con una dosis recomendada del 100 por ciento de N: P₂O₅: K₂O (200: 200: 200 g planta⁻¹) mediante aplicación al suelo en cuatro partes iguales a intervalos bimensuales.

Agrawal et al. (2010) analizaron el impacto de la fertirrigación con fertilizantes solubles en agua sobre la calidad de la papaya cv. Red Lady, destacando un mayor grosor del pericarpio. Por su parte, Kumar et al. (2010) recomiendan una fertilización balanceada de 300 kg/ha/año de N, P₂O₅ y K₂O mediante fertirriego, lo cual optimiza el grosor de la pulpa en variedades de papaya con pulpa amarilla y roja.

6. CONCLUSIONES

Las diferentes estrategias de fertilización (fertirrigación y fertilización tradicional) impactaron estadísticamente en forma significativa en el área foliar total. Ello se vio reflejado al final del ciclo del cultivo donde T3 logró el máximo valor.

También existió evidencia estadística de un mejor desempeño de T3 respecto al testigo, en los siguientes parámetros: número total de hojas nuevas por planta; número de frutos totales por planta; número de frutos abortados totales por planta; peso del fruto promedio; espesor de la pulpa y firmeza de la pulpa, porcentaje de frutos infectados con Antracnosis. En número de frutos deformes totales por planta. T3 fue el más perjudicado. La técnica de “fertirrigación” logró mayor largo de frutos que las otras dos (fertilización tradicional y testigo) que no se diferenciaron entre sí.

Se observaron diferencias (también significativas) entre el testigo y los otros dos tratamientos (T2 y T3) a favor de estos dos últimos, sin diferencias entre “técnicas de fertilización” en: altura de planta; diámetro de tallo y en el número total de flores acumuladas por planta.

T2, tuvo mayor cantidad de sólidos solubles totales con respecto a T3, pero no se diferenció de T1; T3 y T1 no se diferenciaron entre sí. Esta diferencia podría estar relacionada al tiempo de cosecha de los frutos entre tratamientos. T3 presentó frutos más tempranos a la cosecha y coincidió con bajas temperaturas del invierno y menos horas de radiación solar, entendiendo que ello puede haber generado menos cantidad de sólidos solubles.

No hubo diferencias significativas entre tratamientos en los siguientes parámetros: número de flores estériles promedio por planta; tiempo promedio a cosecha del primer fruto; diámetro ecuatorial promedio; espesor y firmeza de pulpa e impacto de la Mancha Negra. Hubo diferencia significativa en “tiempo al cuaje” T3 respecto a T2 y T1. A pesar de la gran diferencia en días hasta la cosecha del primer fruto (T1=373, T2=370 y T3=322 días) esta falta de significancia estadística en precocidad (tiempo a cuaje y a cosecha del primer fruto) podría ser explicado debido a la gran variabilidad observada y bajo registro de datos (n=5).

En resumen, la fertirrigación ha logrado una mejora sustancial de la parte vegetativa de la planta (número total de hojas por planta y área foliar total); en la fructificación (número de frutos totales acumulados por planta; número de frutos deformes por planta y peso del fruto promedio). Ello se ve reflejado en plantas más vigorosas y más productivas.

En lo que respecta a la sanidad del cultivo con fertirrigación se observó menor porcentaje de frutos infectados con Antracnosis.

La fertirrigación no afectó el número de flores estériles promedio por planta, no mejoró la precocidad, no afectó el espesor y firmeza de pulpa, ni incrementó el impacto de la Mancha Negra.

Entre los aspectos negativos puede mencionarse que la “fertirrigación” aumentó el número de frutos promedio deformes por planta, aunque, aun así, descontando los frutos deformes, el número total de frutos sanos resultó mayor.

De esta forma, la producción alcanzada desde cosecha de los primeros frutos (julio-2019) hasta final del ensayo (diciembre-2019) fue de 30,2 t. ha⁻¹ para T3 en el periodo de cosecha considerado en el ensayo de (165 días = 5,5 meses), muy superior a T2 (18,6 t.ha⁻¹) y a T1 (6,5 t.ha⁻¹).

Por todo ello, la fertirrigación resulta ser una técnica favorable para la producción de Papaya en el norte argentino, por sobre la fertilización tradicional. Además, es importante insistir en los productores sobre la necesidad de disponer de un plan de fertilización que considere todos los parámetros en juego: la curva de absorción de nutrientes del cultivo, la fertilidad del suelo, la eficiencia de utilización del elemento aplicado y la concentración del fertilizante elegido.

Se sugiere que los proyectos de extensión para agricultores y regantes incluyan las indicaciones arriba mencionadas para la aplicación de esta tecnología y así lograr los mejores resultados.

Futuros ensayos deberían tener mayor frecuencia de muestreo en el control de la fertilidad del suelo y en el estado nutricional de la planta (análisis foliares, en diferentes estadios del cultivo, para poder hacer un seguimiento de la asimilación de los nutrientes por parte de la planta), de manera de ajustar la fertilización en forma más precisa y concordante a la extracción que hace el cultivo, con especial consideración al calcio y magnesio.

Sería muy interesante analizar en el futuro el desempeño de otros híbridos, así como otras densidades de plantación.

Tomando en cuenta que el aporte de fertilizantes al cultivo de papaya mejoró sustancialmente en varios parámetros de desarrollo vegetativo y rendimiento, respecto de las plantas a las que no se les aplicó fertilizantes. En investigaciones futuras sería interesante profundizar en la evaluación detallada de los aspectos económicos de ambas prácticas de aplicación de fertilizantes, con el objetivo de proporcionar a los agricultores

información precisa que les permita tomar decisiones sobre la gestión de nutrientes en el cultivo de papaya.

Se debería estudiar la interacción entre fertirriego con distinta disponibilidad de agua en el suelo.

7. BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA RAMOS, M., NIETO, D., DOMINGUEZ, J. L., & DELGADILLO, F. 2000. Calidad y tolerancia en frutos de Papaya (*Carica papaya* L.) a la regulación del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., en Postcosecha. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo (México).

AGRAWAL, N., PANIGRAHI, H.K., TIWARI, S.P., AGRAWAL, R., SHARMA, D. and DIKSHIT, S.N. 2010. Effect of fertigation through water-soluble fertilizers on growth, yield and quality of papaya (*Carica papaya* L). National Seminar on Precision Farming in Horticulture. pp: 507-510.

AGUILAR CARPIO, C., ALCÁNTARA JIMÉNEZ, J. Á., LEYVA BAUTISTA, S., AYVAR SERNA, S., & DÍAZ VILLANUEVA, G. E. 2019. Rendimiento y rentabilidad de genotipos de papaya en función de la fertilización química, orgánica y biológica. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(3), 575-584.

AGUIRRE, C.M. 2016. GACETILLA DE FRUTAS Y HORTALIZAS DEL CONVENIO INTA-CMCBA. EEA INTA Yuto. Gacetilla de Frutas y Hortalizas del Convenio INTA – CMCBA N° 44, marzo 2016.

AGUIRRE, C., ARMELLA, C., & FLORES, C. 2017. Boletín de Frutas y Hortalizas del Convenio INTA- CMCBA N° 65. San Salvador de Jujuy: Ediciones INTA.

ALLEN, R., PEREIRA, L., RAES, D., & SMITH, M. 2006. Guidelines for computing crop water requirements. In: *FAO Irrigation and Drainage Paper No.56*. Rome, FAO.

ALONSO ESQUIVEL, M.; TORNET QUINTANA, Y.; RAMOS RAMÍREZ, R.; FARRÉS, E.; CASTRO, J. & RODRIGUEZ PASTOR, M. C. 2008b. Evaluación de tres cultivares de papaya del grupo Solo basada en caracteres de crecimiento y productividad. *Cultivos Tropicales*, 29(2), p 59-64.

ALONSO ESQUIVEL, M.; TORNET, Y., RAMOS, R., FARRÉS, E., & RODRÍGUEZ, D. 2009. Evaluación de dos híbridos de papaya introducidos en Cuba. *Agronomía costarricense*.

ALTENDORF, S. 2017. Perspectivas mundiales de las principales frutas tropicales. Perspectivas, retos y oportunidades a corto plazo en un mercado global pujante. Recovered from http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Tropical_Fruits/Documents/Tropical_Fruits_Spanish_2017.pdf.

ANDRADES RODRIGUEZ M. & ARAMENDÍA, A. M. 2015. Métodos didácticos para análisis de suelos. Servicio de Publicaciones, Universidad de la Rioja, España.

ANNEGOWDA, H. V., & BHAT, R. 2016. Composition of Papaya Fruit and Papaya Cultivars. En Nutritional Composition of Fruit Cultivars. Bengaluru.

ARANGO-WIESNER, L. V., ROMÁN HOYOS, C. A., SALAMANCA, C. R., ALMANSA MANRIQUE, E. F., BERNAL RIOBO, J. H., LEÓN MARTÍNEZ, G. A., & GÓMEZ BILBAO, P. 1999. El cultivo de la papaya en los llanos orientales de Colombia. Manual de Asistencia Técnica, (4).

ARAÚJO CRISÓSTOMO, L., & NAUMOV, A. 2009. Adubando para Alta Produtividade e Qualidade Fruteiras Tropicais do Brasil. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical.

ARMELLA, C. M.; AGUIRRE, C.M. & MARTÍNEZ, M. 2019. PRODUCCION DE PAPAYA (Carica papaya L.) Bajo Cobertura en la Región Subtropical de Jujuy. EEA INTA Yuto. VII Jornadas Integradas Facultad de Ciencias Agrarias UNJU. Octubre 2019.

ARMELLA, C. M. 2017. Evaluación de nuevos genotipos de papaya (Carica papaya L.) en la región subtropical de Salta y Jujuy. San Salvador de Jujuy: Ediciones INTA.

ARMENGOL, E. 1997. Fertirrigacion en Cultivos al Aire Libre. Revista de Horticultura, P. 1 - 8.

ARYAL, R., & MING, R. 2014. Sex Determination in Flowering Plants: Papaya as a Model. Plant Science, 56 - 62.

ASPEITIA ECHEGARAY, V., TORRES TAPIA, M. A., MENDOZA RODRÍGUEZ, D., & REYES VALDA, H. 2014. Evaluación de Marcadores Genéticos para Discriminación Entre Hembras y Hermafroditas de papaya (Carica papaya L.) CV. Maradol. Revista Fitotécnica Mexicana, 193 -197.

AVELLANEDA, M., BERMEJILLO, A., & MASTRANTONIO, L. 2004. Aguas de riego. Mendoza: EDIUNC.

AZCARATE, M., & KLOSTER, N. 2010. Comparación de métodos de ensayo para determinación de Cic: Acetato de Amonio y Cloruro de Amonio. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_comparacion_de_metodos_de_ensayo_para_determinacion_de_cic_-_azcarate_mp_2010.pdf.

BARROSO CHAGAS, J. T., VIVAS, M., DE MORAES, R., DE OLIVEIRA FRANCELINO, H., & SILVA JORGE, T. 2018. Parâmetros Genéticos Para Resistência À Pinta-Preta Em Diferentes Genótipos De Mamoeiro. Vii Simpósio Do Papaya Brasileiro Produção e Sustentabilidade Hídrica, 1 - 4.

BASTIDAS REYES, T. 2006. Proyecto de factibilidad para la Comercialización de papayas hawayanas al mercado Chileno. Universidad Tecnológica Equinoccial Facultad de Ciencias Económicas y Negocios Escuela de Comercio Exterior e Integración (UTE). Quito-EC. p, 7-17.

BASSO, C., VILLAFANE, R., TORRES, S., & DÍAZ, J. (2008). Evaluación de la uniformidad del riego y efecto del fertirriego nitrogenado en un huerto de lechosa (Carica papaya L.). Bioagro, 20(2), 105-110.

BASTOS LYRA, G., PONCIANO, N. J., SOUSA, E. F. D., BERNARDO, S., DAHER, R. F., PEREIRA, M. G., & MARINHO, A. B. 2008. Estimativa dos níveis ótimos e econômicos de irrigação no mamoeiro (Carica papaya L.) cultivar Golden nas condições do norte do Espírito Santo. Revista Brasileira de Fruticultura, 30, 390-395.

BAYABIL, H. K., CRANE, J. H., MIGLIACCIO, K. W., LI, Y., BALLEEN, F., & GUZMÁN, S. 2020. Programación de Riego Basado en el Método de Evapotranspiración Para Papaya (Carica papaya) en Florida: AE547/AE547, 11/2020. EDIS, 2020(6).

BERMEJILLO, A. 2017. Aptitud de Agua para Riego y Fertirriego. Mendoza.

BIANCHI, A. R.; YÁÑEZ, C. E. & ACUÑA, L. R. 2005. Base de datos mensuales de precipitaciones del Noroeste argentino. EEA INTA Salta y Santiago del Estero. 41 p.

BOGANTES ARIAS, A., MORA NEWCOMER, E., UMAÑA ROJAS, G., & LORÍA QUIRÓS, C. L. 2011. Guía Para la Producción de Papaya en Costa Rica. San José de Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

BOGANTES-ARIAS, A., & MORA-NEWCOMER, E. 2013. Incidencia y severidad de la antracnosis en líneas e híbridos de papaya (Carica papaya). agronomía mesoamericana, 24(2), 411-417.

BOSCHETTI G. 2012. Determinación De P Extraíble en Suelos Por El Método Bray Y Kurtz 1. Aspectos A Tener En Cuenta En Su Evaluación. Facultad Ciencias Agropecuarias-UNER. Jornadas Cierre PROINSA 23 Noviembre 2012

- BUENO JAQUEZ, E. J., ALONSO LÓPEZ, A., VOLKE HALLER, V., GALLARDO LÓPEZ, F., OJEDA RAMIREZ, M., & MOSQUEDA VASQUEZ, R. 2004. Respuesta Del Papayo A La Fertilización Con Nitrógeno, Fósforo Y Potasio En Un Luvisol. *Terra Latinoamericana*, 409- 415.
- BUITRAGO, L. G. 1999. Clima de La provincia de Jujuy. FCA-UNJu. Jujuy. 39 p.
- CAMPOSTRINI E., & KIYOSHI, Y. O. 2001. Estimation of papaya leaf area using the central vein length. *Scientia Agricola*, v.58, n.1, p.39-42.
- CAMPOSTRINI, E., & GLENN, D. M. 2007. Ecophysiology of papaya: a review. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19, 413-424.
- CAÑADA, O. A. 2023. Produce Pay. Obtenido de <https://es.producepay.com/blog/articulos/situacion-de-la-papaya-en-estados-unidos-y-latinoamerica/>
- CARREIRA, D. 2006. CARBONO ORGÁNICO (Método de WALKLEY & BLACK) – INTA Castelar.
- CARVALHO, G. C., FERREIRA COELHO, E., SANTOS MENDES DA SILVA, A. D., & MENDES PAMPONET, A. J. 2010. Crescimento e produtividade do mamoeiro Sunrise solo sob irrigação localizada. Cruz das Almas, BA: Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical.
- CASTELLANOS, J. Z. 2010. Guía para la interpretación del análisis de suelo y agua. Sitio: intagri@intagri.com.mx o www.intagri.com.mx, 8-10.
- CASTRO CABRERA, R. (2009). Diferentes frecuencias de aplicación de nutrimentos minerales en el cultivo de papaya maradol bajo condiciones de fertirriego (Master's thesis).
- CASACA, A. D. 2005. El Cultivo de la Papaya. San Salvador: PROMOSTA.
- CERVANTES ZÚÑIGA, S. N. 2021. Ecuaciones de humedad-tensión para el uso de tensiómetros en suelos de diferente textura.
- CEVERIO, R.; BRIEVA, S. & IRIARTE, L. 2010. Guía para identificar oportunidades de mercado para productos agroalimentarios no tradicionales. INTA Balcarce. 58
- CHAN, Y. K. 2009. Breeding Papaya (*Carica papaya* L.). In: Jain, S. M.; Priyadarshan, P. M. (eds.). *Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species*. Springer. Kuala Lumpur, Malaysia, p 121-159.

CHANGO CHIPANTIZA, F. M., CUEVAS GONZÁLES, J., & HUESO MARTIN, J. J. 2018. Desarrollo Floral y Calidad del Fruto en Papaya. Almería.

CHATERLÁN, Y., HERÁNDEZ, G., PAREDES, P., MARTÍNEZ, R., LÓPEZ, T., & SANTOS PEREIRA, L. 2012. Estimación de los coeficientes de cultivo de la papaya para mejorar la programación del riego en el sur de la Habana. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 21(numero 1), pp. 37-42.

CHATERLÁN, Y., PAREDES, P., ROSA, R., HERÁNDEZ, G., LÓPEZ, T., & SANTOS PEREIRA, L. 2011. Estimación de las necesidades hídricas de la papaya utilizando la aproximación de los coeficientes culturales duales. La Habana - Cuba: IAgriC – Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.

CHAVES - BEDOYA, G., PULIDO, M., SÁNCHEZ - BETANCOURT, E., & NUÑEZ, V. 2009. Marcadores RAPD Para la Identificación de Papaya (Carica papaya L.) en Colombia. Agronomía Colombiana, 145 -149.

CHICAS SOTO, R. A., VANEGAS CHACÓN, E. A., & GARCÍA ÁLVAREZ, N. 2014. Determinación indirecta de la capacidad de retención de humedad en suelos de la subcuenca del río Torjá, Chiquimula, Guatemala. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 23(1), 41-46.

COELHO FILHO, M. A., FERREIRA COELHO, E., & LOPES CRUZ, J. 2007. Uso da transpiração máxima do mamoeiro para o manejo da irrigação por gotejamento em regiões úmidas e sub-úmidas. Cruz das Almas - Bahia: Ediciones EMBRAPA.

COLINA CORAL, L. M. 2013. Manejo Integrado del Cultivo de Papaya en Manejo Integrado del Cultivo de Papaya. Universidad Nacional Agraria La Molina.

COLLAVINO, A. A., FLORENTIN, J., GAIAD, J. E., & ALAYÓN LUACES, P. 2016. Desarrollo Vegetativo y Fenología del Mamón (Carica papaya L.) Bajo Dos Condiciones de Cultivo. Revista Agrotecnia, 15 - 20.

CORREIA DOS ANJOS, D., FERREYRA HERNANDEZ, F. F., CORREIA DA COSTA, J. M., URQUIAGA CABALLERO, S. S., & GOMES MOREIRA, V. O. 2015. Fertilidade do solo, crescimento e qualidade de frutos do mamoeiro Tainung sob fertirrigação com potássio. Revista Ciência Agronômica, v. 46(n. 4), p. 774-785.

CUMAGUN, C. J., & PADILLA, C. L. 2007. First record of *Asperisporium caricae* causing black spot of papaya in the Philippines. Australasian Plant Disease Notes., 89–90.

CUNHA, R. J., & HAAG, H. P. 1980. NUTRIÇÃO MINERAL DO MAMOEIRO. CURVA DE CRESCIMENTO DO MAMOEIRO (*Carica papaya* L.). Departamento de Horticultura, Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP - Câmpus de Botucatu.

DA SILVA JUNIOR, G. B., LUCENA CAVALCANTE, Í. H., MONTEIRO SANTOS, E., ALBANO, F. G., & MOURA SILVA, A. 2016. Growth, physiology and yield of formosa 'papaya' cultivated under different doses of coated and conventional urea. *Rev. Caatinga*, Mossoró, Volumen 29 (Nº 3), p. 559 – 568.

DE ALMEIDA SOUZA, E., FERREIRA COELHO, E., DA SILVA PAZ, V. P., & COELHO FILHO, M. A. 2005. Crescimento e produtividade do mamoeiro fertirrigado com fósforo por gotejamento superficial e subsuperficial. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, p. 495-499.

DE ARAÚJO VIANA, T. V., SOUZA DOS SANTOS, F. S., COSTA, S. C., MOREIRA DE AZEVEDO, B., & EVAMI DE SOUSA, A. 2008. Diferentes doses de potássio, na forma de nitrato de potássio aplicadas via fertirrigação no mamão formosa. *Rev. Ciên. Agron.*, Fortaleza., 39(1), p. 34-38.

DE OLIVEIRA DIAS; G. C. D. O., MEDICI, L. O., VASCONCELLOS, M. A. D. S., CARVALHO, D. F. D., & PIMENTEL, C. 2013. Papaya seedlings growth using a low-cost, automatic watering controller. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35, 527-535.

DIANESE. A.D.C., BLUM, L. E. B., DUTRA, J. B., LOPES, L. F., SENA, M. C., & DE FREITAS, L. F. 2008. Avaliação do efeito de fosfitos na redução da varíola (*Asperisporium caricae*) do mamoeiro (*Carica papaya*) Evaluation of phosphite applications for severity of papaya black spot (*Asperisporium caricae*).

DI RIENZO J.S., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZÁLEZ L., TABLADA M C.W. InfoStat versión 2017, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina URL <http://www.infostat.com.ar>.

DOMÍNGUEZ PÉREZ, L. A., SALINAS-HERNÁNDEZ, R. M., ULÍN-MONTEJO, F., FUENTES HERNÁNDEZ, F. M., BÁEZ, R., SAÑUDO, D. P. J., ... & ESTRADA, A. S. 2013. Evaluación Comparativa De Las Características Morfométricas Y Fisicoquímicas De Variedades De Papaya Susceptibles Y Resistentes a Virosis.

DOS SANTOS, F. S., VIANA, T. V., DE AZEVEDO, B. M., OLIVEIRA, C. W., & SOUSA, A. E. 2008. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na cultura do

mamão. REVISTA ENGENHARIA AGRÍCOLA, JABOTICABAL, Volumen 28(N. 4), p.673-680.

DOS SANTOS, A. C. N. 2011. Fontes de Silício Adubação de Mamoeiro" Sunrise Solo": Efeito Sobre as Características Químicas do Solo o Desenvolvimento das Plantas a Qualidade dos Frutos. Rio Largo - AL.

DURÁN, A., MORA, D., & CHAVARRÍA, E. 1999. Determinación de la edad susceptible del fruto de la papaya (*Carica papaya* L.) a la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*. (Penz.)). *Agronomía Mesoamericana*, 1-6.

ESCAMILLA GARCÍA, J. L., VELOZ, C. S., DAMIÁN, M. T. M., GARZA, Á. M., GARCÍA, P. S., & HERNÁNDEZ, R. M. S. 2003. Fertilización orgánica, mineral y foliar sobre el desarrollo y la producción de papaya cv. Maradol. *Terra Latinoamericana*, 21(2), 157-166.

EVANS, E. A., & BALLEEN, F. H. 2012. Una mirada a la producción, el comercio y el consumo de papaya a nivel mundial. Universidad de Florida. IFAS Extension.

FACHO A., M.L. 2004. Estudio fenológico y de rendimiento de dos cultivares: PTU-405 y PTM-331 de papayo (*Carica papaya* L.) en Tulumayo.

FALLAS, R., BERTSCH, F., & BARRIENTOS, M. 2014. Curvas de absorción de nutrientes en papaya (*carica papaya* l.) Cv. pococí en las fases de crecimiento vegetativo, floración e inicio de cosecha. *Agronomía Costarricense*, 38(2), 43-54.

FAO 2020. Las principales frutas tropicales Análisis del mercado 2018. Roma.

FERNÁNDEZ, R., ÁVILA, R., LÓPEZ, M., GAVILÁN, P., & OYONARTE, N. 2010. Manual de riego para agricultores: Módulo 1. Fundamentos del riego. Junta de Andalucía. Instituto de investigación y formación agraria y pesquera. Sevilla España.

FERREIRA COELHO, E., COELHO FILHO, M. A., LOPES CRUZ, J., & DA SILVA SOUZA, L. F. 2004. Fontes e Freqüências de Aplicação de Nitrogênio Via Água de Irrigação no Mamoeiro. Cruz das Almas-BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 1a edição.

FLORES, C., AGUIRRE, C., ARMELLA, C., TAPIA, S., RUEDA, E., RUEDA, N & VÁSQUEZ, M. 2016. Caracterización de enfermedades con énfasis en *Asperisporium caricae*. EDICIONES INTA - Estación Experimental de Cultivos Tropicales INTA - YUTO., 1 -33.

FLORES TOALA, J. M., QUISPE, H. R. S., & PUMALEMA, J. I. L. 2021. ¿Qué método aplicar para el control de humedad en fincas dedicadas a la agricultura en el oriente ecuatoriano? *Dominio de las Ciencias*, 7(4), 38.

GALÁN-SAÚCO, V.G.; RODRÍGUEZ-PASTOR, M.C.R. 2007. Greenhouse cultivation of papaya. *Acta Hort.* 740:191- 195.

GARCÍA PETILO, M., PUPPO, L., HAYASHI, R., & MORALES, P. 2015. Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo a campo. Montevideo: Facultad de Agronomía, Departamento de suelos y aguas.

GARCÍA, J. L. E., VELOZ, C. S., DAMIÁN, M. T. M., GARZA, Á. M., GARCÍA, P. S., & HERNÁNDEZ, R. M. S. 2003. Fertilización orgánica, mineral y foliar sobre el desarrollo y la producción de papaya cv. Maradol. *Terra Latinoamericana*, 21(2), 157-166.

GARCIA, M. A. 2010. Guía técnica del Cultivo de la Papaya. San Salvador: Impresos Múltiples.

GIL, A. I. & MIRANDA, D. 2005. Morfología de la flor y de la semilla de papaya (*Carica papaya* L.): variedad Maradol e híbrido Tainung-1. *Agronomía Colombiana* 23(2), 217-222.

GOMES OLIVEIRA, A. M., DA SILVA SOUZA, L. F., & FERREIRA COELHO, E. 2009. Adubando para Alta Produtividade e Qualidade Fruteiras Tropicais do Brasil. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical.

GOMES OLIVEIRA, A. M., DA SILVA SOUZA, L. F., VAN RAIJ, B., DE JESUS MAGALHÃES, A. F., & BERNARDI, A. C. 2004. Nutrição, Calagem e Adubação do Mamoeiro Irrigado. Cruz das almas.

GÓMEZ OMIL, A. 2018. Componentes del rendimiento y calidad en naranja var. Valencia (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) afectados por el déficit hídrico en distintos momentos del ciclo. EEA INTA Yuto.

GRASSI, C. J. 1998. Fundamentos del Riego. Mérida: Talleres Gráficos del CIDIAT.

HERNÁNDEZ PÉREZ, R. H., I. A. G., COSIO, E. C., & SÁNCHEZ, D. G. 2015. Nuevo activador fisiológico potencializador de la fructificación en papaya (*Carica papaya* L.). *Revista brasileira de fruticultura*, 37, 1065-1073.

HONORÉ, M. N., BELMONTE-UREÑA, L. J., NAVARRO-VELASCO, A., & CAMACHO-FERRE, F. 2019. The production and quality of different varieties of papaya grown under greenhouse in short cycle in continental Europe. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(10), 1789.

HUESO MARTÍN, J. J., SALINAS ROMERO, I., & CUEVAS GONZÁLES, J. 2015. EL CULTIVO DE LA PAPAYA (009 ed.). Almería: GRUPO COOPERATIVO CAJAMAR.

IBARRA LARA, M. D. L. Á. 2023. Los macronutrientes nitrógeno, fósforo y potasio, en la producción del cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) en Ecuador (Bachelor's thesis, BABAHOYO).

JARSUN, R. O., BUSTOS, V., & CARNERO, M. 2008. Manual de uso e interpretación de aguas. Secretaría de ambiente de Córdoba- Argentina.

JAYAVALLI, R.; BALAMOHANA, T. N.; MANIVANNANB, N. & GOVINDARAJB M. 2011. Breaking the intergeneric hybridization barrier in *Carica papaya* and *Vasconcellea cauliflora*. *Scientia Horticulturae* 130, p 787-794.

JEYAKUMAR, P., KUMAR, N. and SOORIANATHASUNDARAM, K. 2002. Fertigation studies in papaya (*Carica papaya* L.). *South Indian Horticulture* 50(6): 200-207.

JIMÉNEZ, J. A. 2002. Manual práctico para el cultivo de la papaya hawaina. Universidad EARTH.

JUAREZ ROJOP, I. E. 2013. *Carica papaya*: una planta con efecto terapéutico. *Horizonte sanitario*, 12(2), 35-36.

KUMAR, N., SOORIANATHASUNDARAM, K., MEENAKSHI, N., MANIVANNAN, M. I., SURESH, J., & NOSOV, V. 2010. Balanced fertilization in papaya (*Carica papaya* L.) for higher yield and quality. In II International Symposium on Papaya 851 (pp. 357-362).

LÓPEZ R., A., GARCIA, J., & GONZALES M., A. 2015. *Asperisporium Caricae*. Funga veracruzana. Instituto de Investigaciones Forestales - Universidad Veracruzana

MAHOUACHI, J., & MARRERO-DÍAZ, E. 2022. Plant growth and fruit nutrient changes in *Carica papaya* L. genotypes subjected to regulated deficit irrigation. *Life*, 12(11), 1831.

MANJUNATH, B. L., LAXMAN, R. H., UPRETI, K. K., & RAGHUPATI, H. B. 2017. Partial root zone drying irrigation in papaya (*Carica papaya* L.) for enhanced water

use efficiency under limited water situations. *Journal of Horticultural Sciences*, 12(2), 143-149.

MARINHO, C. S., MONNERAT, P. H., CARVALHO JR, A., MARINS, S. L. D., & VIEIRA, A. 2002. Análise química do pecíolo e limbo foliar como indicadora do estado nutricional dos mamoeiros solo e formosa. *Scientia Agricola*, 59, 373-381.

MARINHO, A. B., BERNARDO, S., PEREIRA, M. G., MONNERAT, P. H., & DE SOUSA, E. F. 2008. Produtividade e qualidade de frutos de mamão cultivar 'golden' sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio no norte de Espírito Santo. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, Volumen 28(Número 3), p.417-426.

MARTÍNEZ VARONA, R., RODRÍGUEZ GARCÍA, R., PUIG ESTRADA, O., & HERNÁNDEZ CUELLO, G. 2009. Efecto económico del área humedecida y el diseño de la red superficial de riego localizado en el cultivo del papayo. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Volumen 18(Numero 4), P. 39 - 43.

MEDRANO, H., BOTA, J., CIFRE, J., FLEXAS, J., RIBAS-CARBÓ, M., & GULÍAS, J. (2007). Eficiencia en el uso del agua por las plantas. *Investigaciones geográficas (Esp)*, (43), 63-84.

MELLADO VÁZQUEZ, A., VOLKE HALLER, V., TAPIA VARGAS, M., SÁNCHEZ GARCÍA, P., & QUEVEDO NOLASCO, A. 2005. Respuesta del papayo al riego y a la fertilización N-P-K en un Vertisol. *Terra Latinoamericana*, volumen 23 (Número 1), pp. 137-144.

MERRIAM, J. L., & KELLER, J. 1978. *Farm irrigation systems evaluation*. Agricultural and Irrigation Engineering Departament. Logan, Usa.: Utah State University.

MIGLIACCIO, K. W., SCHAFFER, B., CRANE, J. H., & DAVIES, F. S. 2010. Plant response to evapotranspiration and soil water sensor irrigation scheduling methods for papaya production in south Florida. *Agricultural water management*, 97(10), 1452-1460.

MING, R.; YU, Q. & MOORE, P. H. 2007. Sex determination in Papaya. *Review. Seminars in Cell & Developmental Biology* 18, p 401–408.

MIRAFUENTES HERNÁNDEZ, F., & SANTAMARÍA BASULTO, F. 2014. MSXJ, Híbrido de Papaya sin Carpeloidía para el Sureste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1297-1301.

MOLINA, E. 2007. *Análisis de suelos y su interpretación*. San José, CR, CIA-UCR-Amino Grow International.

MOLINA, N. A., ACUÑA, L., & MARMELICZ, L. 2014. Costo de Producción y Rentabilidad del Mamón en la Provincia de Misiones. Corrientes: Ediciones INTA.

MOLINA, N. A. 2016. La producción de frutas tropicales: Panorama mundial y en Argentina. Corrientes: Ediciones INTA.

MUÑIZ BECERÁ, S., GARCÍA PEREIRA, A., CALDERÍN GARCÍA, A., & HERNÁNDEZ GÓMEZ, A. 2011. Evaluación de la calidad de la fruta bomba (*Carica papaya* L.) variedad Maradol roja deshidratada utilizando el método de deshidratación osmótica (DO). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(1), 52-56.

NAKASONE, H., & PAULL, R. 2004. Papaya. (eds) *Tropical Fruits*, p. 239-391.

NUNES DE LIMA, R. S., DE ASSIS, F. A. M. M., MARTINS, A. O., DE DEUS, B. C. D. S., FERRAZ, T. M., DE ASSIS GOMES, M. D. M., & CAMPOSTRINI, E. 2015. Partial rootzone drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) effects on stomatal conductance, growth, photosynthetic capacity, and water-use efficiency of papaya. *Scientia Horticulturae*, 183, 13-22.

ORTEGA A. & CORVALÁN E. 2001. Diagnóstico de suelos. Diagnóstico de Suelos. Ing. Agr. Adriana Ortega; Ing. Agr. Eduardo Corvalán. INTA EEA Salta. 1 – 5 p.

ORTÍZ CARDONA, K. A. 2010. Diagnóstico Preliminar de enfermedades Ocasionadas por Hongos en el Cultivo de Papaya (*Carica papaya*) en los Municipios de la Libertad y Melchor de Mencos y Servicios Realizados en el Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario Maga Petén. Managua: Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Agronomía.

PÁEZ REDONDO, A. R. 2003. Seminarios Participativos: Agronomía y Manejo Sanitario de la Producción y Poscosecha en Papaya. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, Pronatta. Valledupar, mayo de 2003.

PAOLI, H., VOLANTE, J., NOE, Y., VALE, L., CASTRILLO, S., & OSINAGA, R. 2012. Adecuación a un sistema de información geográfica del estudio “Los Suelos del NOA (Salta y Jujuy), Nadir, A. & Chafatinos, T., 1990”. Argentina: INTA. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-regiones_geo.pdf.

PARÉS, J., & BASSO, C. 2013. Efecto del cloruro de sodio sobre el crecimiento y estado nutricional de plantas de papaya. *Bioagro*, 25(2), 109-116.

PARRA, I. V. 2007. Fertirrigación de arándanos. IV Seminário Brasileiro sobre Pequenas Frutas, 23.

PERALTA, M. & LIVEROTTI, O. 2017. Boletín De Frutas Y Hortalizas Del Convenio Inta-Cmcba Nro. 65. Gacetilla de Frutas y Hortalizas del Convenio INTA – Corporación del Mercado Central de Buenos Aires.

PERES MARTELLETO, L. A. 2007. Desenvolvimento do ciclo e desempenho agrônomico do mamoeiro sob cultivo orgânico em ambiente protegido. Doc. Tesis Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia. Curso de Pós-graduação em Fitotecnia. Rio de Janeiro, Brasil.

POSSE, R. P., BERNARDO, S., SOUSA, E. F. D., & GOTTARDO, R. D. 2008. Evapotranspiração e coeficiente da cultura do mamoeiro. Engenharia Agrícola, 28, 681-690.

POSSE, R., de SOUZA, E. F., BERNARDO, S., PEREIRA, M., GOTTARDO, R., POSSE, S. & Romildo Domingos Gottardo, U. E. N. F. Estimativa da área foliar total do mamoeiro. In: Congresso Brasileiro De Fruticultura, 20.; Annual Meeting of The Interamerican Society for Tropical Horticulture, 54., 2008, Vitória. Minicurso. Frutas para todos: estratégias, tecnologias e visão sustentável: anais. Vitória: INCAPER: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2008.

ROJAS, J. 2013. Comparación de métodos de determinación en Ensayo de rotaciones en siembra directa. INTA Centro Regional Chaco Formosa.

RODRÍGUEZ GARCÍA, J. P., & VEGA TRIANA, J. A. 2022. Dinámica temporal de la calidad del agua para fertirriego empleada en cultivos de clavel, efectos sobre la calidad de la solución nutritiva.

RODRÍGUEZ PASTOR, M. C., RODRIGO, M. G. L., & SUÁREZ SÁNCHEZ, C. L. 2010. Comportamiento de los cultivares de papaya Sunset, Sunrise y de los genotipos Baixinho de Santa Amalia y BH-65 en la zona sur de la isla de Tenerife. Revista Brasileira de Fruticultura, 32, 1105-1115.

RUIZ DÍAZ, E., GARCÍA, Y. R., & HERRERA, J. A. 2020. Ensayo comparativo de cultivares de papaya. Agrisost, 26(2), 1-6.

SALES MARINHO, C., MONNERAT, P. H., CORDEIRO DE CARVALHO, A. J., DAVID MARINS, S. L., & VIEIRA, Á. 2002. Análise Química Do Pecíolo E Limbo Foliar Como Indicadora Do Estado Nutricional Dos Mamoeiros 'Solo' E 'Formosa'. Scientia Agrícola, Volumen 59(Número 2), p.373-381.

SALGADO-GARCÍA, S., PALMA-LÓPEZ, D. J., LAGUNES-ESPINOZA, J., & CASTELÁN-ESTRADA, M. 2006. Manual para el muestreo de suelos plantas y aguas e interpretación de análisis. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco-ISPOTAB. H. Cárdenas, Tabasco, México.

SAGVEKAR, V. V., PINJARI, S. S., MALSHE, K. V., & CHAVAN, A. P. Effect Of Fertigation On (2023). Performance Of Papaya-A Review.

SAGVEKAR, V. V., CHAVAN, A. P., SHETYE, V. N., MALSHE, K. V., & DHONDE, M. B. (2019). Effect of Drip Fertigation on Growth and Yield of Papaya (*Carica papaya* L.) in Semi-arid Tropical Region of Maharashtra. *Journal of the Indian Society of Coastal Agricultural Research*, 37(1).

SANTAMARÍA BASULTO, F.; SAURI DUCH, E.; ESPADAS Y GIL, F.; DÍAZ PLAZA, R.; LARQUÉ SAAVEDRA, A. & SANTAMARÍA, J. M. 2009a. Postharvest ripening and maturity indices for Maradol papaya. *Interciencia* 34(8), p 583-588.

SANTAMARÍA BASULTO, F., MIRAFUENTES HERNÁNDEZ, F., & AZPEITIA MORALES, A. 2015. BS y BS-2, Variedades De Papaya Con Resistencia A Altas Temperaturas (19 ed.). Mérida, Yucatán.: Centro De Investigación Regional Sureste Campo Experimental Mocochoá.

SANCHEZ, E. E. 2020. Programa Nacional Frutales. Superficie ocupada por plantaciones frutales en el país y cambios en su estructura productiva. Ediciones INTA.

SCHILARDI, C., CÚNEO, G., CIANCAGLINI, N., & MENEGHELLI, M. 2010. Análisis Integral y Optimización del desempeño de Equipos de Riego por Goteo en Mendoza - San Juan, Argentina. Mendoza: EDIUNC.

SILVA, A., PONCE DE LEÓN, J., GARCÍA, F., & DURÁN, A. (1988). Aspectos metodológicos en la determinación de la capacidad de retener agua de los suelos del Uruguay. *Boletín de Investigación*, 1988 (10): 20 p.

SINGH K.K., BARCHE, S., & SINGH, D. B. 2010. Integrated nutrient management in papaya (*Carica papaya* L.) cv. Surya. In II International Symposium on Papaya 851 (pp. 377-380).

SOUZA, E. D. A., COELHO, E. F., PAZ, V. P. D. S., & COELHO FILHO, M. A. (2005). Crescimento e produtividade do mamoeiro fertirrigado com fósforo por gotejamento superficial e subsuperficial. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 27, 495-499.

SCHILARDI, C. 2017. Introducción al Riego por Goteo. Mendoza: Facultad de Ciencias Agrarias - UNCuyo.

SUDHA, R.; BALAMOCHANB, T. N.; SOORIANATHASUNDARAMC, K.; MANIVANNAND, N. & RABINDRANE, R. 2013. Evaluation of F2 intergeneric population of papaya (*Carica papaya* L.) for resistance to papaya ringspot virus (PRSV). *Scientia Horticulturae* 158, p 68–74.

TANK, R. V., PATEL, N. L., & NAIK, J. R. (2011). Effect of fertigation on growth, yield and quality of papaya (*Carica papaya* L.) cv. MADHU BINDU under South Gujarat conditions.

TERRA DE ALMEIDA, F., SALES MARINHO, C., FERNANDES DE SOUZA, E., & GRIPPA, S. 2003. Expressão sexual do mamoeiro sob diferentes lâminas de irrigação na região norte Fluminense. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP*, 25(3), P. 383 - 385.

TORRES, G. C. 2000. Caracterización del cultivo de la papaya como producto con potencial para exportación, con énfasis en el diagnóstico molecular y serológico de enfermedades. Zamorano, Honduras: ZAMORANO, Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria.

TORRES CÁMARA, M. J. 2009. Nutrição, Produção E Qualidade Do Fruto Em Mamoeiro 'Tainung 1' Adubado Com Nitrogênio E Potássio. Mossoró, RN.

VALENCIA S. K., ÁVILA, D. D., & GRACIA, T. J. H. 2017. Estudio del mercado de papaya mexicana: un análisis de su competitividad (2001-2015). *Suma de negocios*, 8(18), 131-139.

VALENTIM MARTINS, M. V., LIMA, F. A., DA SILVA LIMA, J., & PINTO VIANA, F. M. 2012. Manejo Integrado da Pinta-Preta do Mamoeiro no Ceará. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento EMBRAPA*, 68, 1 -29.

VASQUEZ GARCIA, E., MATA VASQUEZ, H., ARIZA FLORES, R., & SANTAMARÍA BASULTO, F. 2010. Producción y Manejo Postcosecha de Papaya Maradol en la Planicie Huasteca. México D.F.

VELASCO SOUZA, T., DA SILVA PAZ, V. P., FERREIRA COELHO, E., DE CARVALHO PEREIRA, F. A., & DA SILVA LEDO, C. A. 2007. crescimento e produtividade do mamoeiro fertirrigado com diferentes combinações de fontes nitrogenadas. *irriga, botucatu*, 12(4), p. 563-574.

VELAZQUEZ CHAVEZ, I. 1998. Fertirrigación en el cultivo del manzano (*Malus pumila* L.) de alta densidad con sistema de riego por goteo. Cohahuila - Mexico.

VIJ, T., & YASH, P. 2014. A review on medicinal properties of *Carica papaya* Linn. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, P. 1 - 6.

VIVAS, M., TERRA, C. E. P. D. S., SILVEIRA, S. F. D., FONTES, R. V., & PEREIRA, M. G. 2010. Escala diagramática para avaliação da severidade da pinta-preta em frutos de mamoeiro. *Summa Phytopathologica*, 36, 161-163.

VIVAS, M.; DA SILVEIRA, S. F.; CARDOSO, D. L.; PEREIRA, M. G.; DIAS DOS SANTOS, P.H. & FERREGUETTI, G. A. 2012. Capacidade combinatória e heterose para resistência a pintapreta em mamoeiro por meio de análise dialélica. *Tropical Plant Pathology* 37(5), 326-332.

ZAVALA-LEÓN, M. J., TUN-SUÁREZ, J., CRISTÓBAL-ALEJO, J., RUIZ-SÁNCHEZ, E., GUTIÉRREZ-ALONSO, O., VÁZQUEZ-CALDERÓN, M., & MÉNDEZ-GONZÁLEZ, R. 2005. Control Postcosecha De La Antracnosis En Papaya Y Sensibilidad De Colletotrichum Gloeosporioides (Penz.) Sacc. A Fungicidas Organosintéticos. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 11(2): 251-255, 2005.