

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FCA
Facultad de
Ciencias Agropecuarias

Departamento de Agronomía

TRABAJO DE DIPLOMA

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FCA
Facultad de
Ciencias Agropecuarias

Departamento de Agronomía

TRABAJO DE DIPLOMA

Título del trabajo: Comparación morfofisiológica y productiva
de dos cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.)

Autores del trabajo: Yandy Prieto Espinosa

Tutores del trabajo: Dr. C. Sinesio Torres García

Dr. C. Arahis Cruz Limonte

Santa Clara, junio 2018
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

Resumen

La investigación se desarrolló en el campo 3 de la UEB Pararrayos de la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú”, en el municipio de Santa Clara y en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, en el periodo comprendido entre noviembre del 2017 y mayo de 2018. Fueron utilizados los cultivares holandeses Faluka y Romano. Se empleó un diseño de bloques al azar con cinco réplicas. La plantación se realizó de forma mecanizada, con un marco de 0,90 x 0,30 m, a una profundidad de 20 cm aproximadamente. El objetivo general de esta investigación fue evaluar la respuesta agroproductiva de cultivares de papa bajo las condiciones edafoclimáticas de la empresa Agropecuaria “Valle del Yabú” del municipio de Santa Clara. Se determinaron peso fresco y peso seco de raíz, tallos, hojas y tubérculos; área foliar por plantas, índice del área foliar; tasa de asimilación neta; tasa relativa de crecimiento, tasa absoluta de crecimiento y razón del área foliar. Se estimó el rendimiento potencial, el peso promedio por tubérculo y el índice de cosecha en ambos cultivares. El cultivar Faluka mostró mayor área foliar e índices de crecimientos inferiores, mientras que el cultivar Romano demostró tener mayor rendimiento y mayor índice de cosecha que Faluka.

Palabras claves: cultivar Faluka, cultivar Romano, indicadores de crecimiento, indicadores morfofisiológicos

Índice

1. Introducción	1
2. Revisión bibliográfica	3
2.1 Generalidades sobre el cultivo de la papa.....	3
2.1.1 Características botánicas y ubicación taxonómica del cultivo de la papa	3
2.1.2. Características fisiológicas.....	4
2.1.3 Características edafoclimáticas	5
2.1.3.1 Temperatura.....	5
2.1.3.2 Suelos	5
2.1.3.3 Pendiente del terreno	5
2.1.3.4 Altitud	6
2.1.3.5 Vientos	6
2.1.3.6 Agua.....	6
2.1.3.7 Luz.....	6
2.1.4 Importancia de la papa.....	7
2.2 Desarrollo y crecimiento del cultivo.....	7
2.2.1 Períodos de crecimiento y fases de desarrollo	8
2.2.2 Crecimiento del follaje	10
2.2.3 Factores que determinan el inicio de la tuberización.....	11
2.2.3.1 Fotoperíodo	11
2.2.3.2 Temperatura.....	12
2.2.3.3 Radiación incidente y disponibilidad de agua	12
2.2.3.4 Densidad de plantación y edad fisiológica de la semilla	13
2.3 Rendimiento y sus componentes	13
2.4 Cultivo de la papa en Cuba.....	14
2.4.1 Características de las principales variedades de papa cultivadas en Cuba..	14
2.4.1.1 Características del cultivar "Romano".....	15
2.4.1.2 Características del cultivar "Faluka".....	15
2.5 Cosecha.....	15
2.5.1 Centro de beneficio.....	16
3. Materiales y Métodos	17
3.1. Determinación de indicadores morfofisiológicos.....	17
3.1.1 Número de plantas y tallos en 10 m lineal.....	17

3.1.2	Peso fresco (PF)	17
3.1.3	Peso seco (PS)	18
3.1.4	Área foliar por plantas (AF)	18
3.1.5	Índice del área foliar (IAF)	18
3.2.	Determinación de Indicadores de crecimiento	18
3.2.1	Tasa de asimilación neta (TAN)	18
3.2.2	Tasa Relativa de Crecimiento (TRC)	19
3.2.3	Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC)	19
3.3	Rendimiento y sus componentes	19
3.3.1	Estimación del rendimiento potencial en ambos cultivares	19
3.3.2	Peso promedio por tubérculo	19
3.4	Procesamiento estadístico	20
4.	Resultados y discusión	21
4.1.	Determinación de indicadores morfofisiológicos	21
4.1.1	Número de plantas y tallos en 10 m lineal	21
4.1.2	Peso fresco	22
4.1.3	Peso seco	22
4.1.4	Área foliar por plantas (AF)	23
4.1.5	Índice del área foliar (IAF)	25
4.2.1	Tasa de asimilación neta (TAN) y Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC)	26
4.2.2	Tasa Relativa de Crecimiento (TRC)	28
4.2.4	Razón del área foliar (RAF)	29
4.3.1	Estimación del rendimiento potencial en ambos cultivares ($t\ ha^{-1}$)	30
4.3.2	Peso promedio por tubérculo	31
4.3.3	Índice de Cosecha (<i>IC</i> ó <i>K</i>)	33
5.	Conclusiones	34
6.	Recomendaciones	35
7.	Bibliografía	
8.	Anexos	

1. Introducción

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es una especie perteneciente a la familia *Solanaceae* y es una planta herbácea anual que puede alcanzar un metro de altura y produce tubérculos ricos en almidón. Los primeros cultivos de esta se atribuyeron a las zonas más altas de los Andes sudamericanos, cerca del lago Titicaca posiblemente hace más de mil años. Los españoles la encontraron a mediados del siglo XVI en Perú y la introdujeron en Europa, cultivándola primero como planta tropical exótica a la que se le atribuyeron desde tiempos inmemoriales misteriosas propiedades medicinales. En la actualidad está difundida en todas las regiones del mundo, constituyendo en muchos países un alimento básico para la población (López *et al.*, 1995).

La papa es el cuarto cultivo alimenticio en orden de importancia a escala mundial, después del trigo, el arroz y el maíz (López *et al.*, 2009). Tiene una producción anual de 315 millones de toneladas representando la mitad de la producción mundial de todas las raíces y tubérculos (Cuba, 2016). Los países de mayor producción son China, Rusia, India, Ucrania y Estados Unidos y a la vez son los que superan el consumo del tubérculo a nivel mundial. El producto llega aproximadamente a más de mil millones de consumidores en todo el mundo, dentro de este total, figuran quinientos millones de consumidores de los países en vías de desarrollo, cuya dieta básica incluye la papa.

En Cuba la papa fue introducida en el año 1798, pero el verdadero auge de este cultivo se produjo en 1920 debido al establecimiento de aranceles a la importación (López *et al.*, 1995). Desde 1983 hasta 2016 se plantó como promedio 12 809,43 ha, obteniendo una producción de 241 mil 248,68 t aproximadamente, para un rendimiento de 18,35 t ha⁻¹ (Cuba, 2016).

La sociedad cubana está enfrascada intensamente en la búsqueda de la sostenibilidad en las producciones agrícolas y precisamente la papa es uno de los sectores priorizados en la producción de alimentos en nuestro país (Funes, 2007). El estado cubano invierte cada año cuantiosos recursos financieros en este importante cultivo al cual le ha dado, durante décadas, una alta prioridad, no solo por su valor nutricional y su aceptación por la población, sino por las potencialidades que le permiten producir altos volúmenes de producción por unidad de superficie. Es por ello que se hace necesario adecuar su producción

a las exigencias actuales, incorporando a la experiencia acumulada por técnicos y productores durante estos años, los resultados de la ciencia y la innovación tecnológica aplicables a este cultivo.

El uso de variables morfológicas y fisiológicas para la evaluación de variedades de papa obtenidas por métodos biotecnológicos, han sido comúnmente utilizadas bajo diferentes condiciones (Kowalski *et al.*, 2003). Como la papa constituye un alimento de suma importancia en la dieta de la población cubana se hace necesario la obtención de variedades con mayor cantidad de masa seca, bajos contenidos de azúcares y que soporten mejor la conservación en cámaras refrigeradas sin perder sus atributos organolépticos.

Las principales variedades que se plantan en Cuba son procedentes de Holanda y Canadá. Esto hace necesario la búsqueda de cultivares de papa más eficientes y adaptados a las condiciones edafoclimáticas del territorio, para incrementar la producción y el rendimiento anual, y así evitar gastos económicos innecesarios. Actualmente no se conocen cuáles de los cultivares de papa procedentes de Holanda pudieran adaptarse mejor a las condiciones edafoclimáticas de la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú”, es por ello que se propone la siguiente **Hipótesis:**

La evaluación de variables morfofisiológicas y el rendimiento de cultivares de papa permitirá hacer una selección del cultivar que mejor se adapte a las condiciones edafoclimáticas de la empresa Agropecuaria “Valle del Yabú” del municipio de Santa Clara.

Para dar respuesta a esta hipótesis se formulan los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar el rendimiento e índices de crecimiento de cultivares de papa bajo las condiciones edafoclimáticas de la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú” del municipio de Santa Clara.

Objetivos específicos

1. Determinar los indicadores morfofisiológicos más relacionados con la eficiencia productiva de los cultivares en estudio.
2. Evaluar los componentes de rendimiento y el rendimiento agrícola de los cultivares de papa en estudio.

2. Revisión bibliográfica

2.1 Generalidades sobre el cultivo de la papa

La papa es una planta nativa de las tierras de América del sur. En el siglo XVI, los españoles la introdujeron más como curiosidad botánica que como fuente de alimentación en el continente europeo (Medley y Payne, 1995, citado por Lorence, 1997). Del género *Solanum* se conocen unas 150 especies, entre ellas *S. tuberosum* y se cultivan cerca de 22 variedades de papa, de alto rendimiento de origen alemán, holandés, francés y canadiense. (Herrera, 1992).

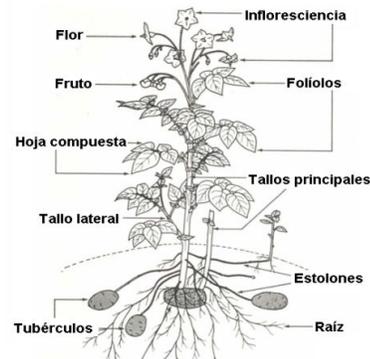
2.1.1 Características botánicas y ubicación taxonómica del cultivo de la papa

Según Pumisacho *et al.* (2002) la planta de papa (*S. tuberosum*) puede desarrollarse a partir de una semilla o de un tubérculo. Las hojas son alternas, las de la primera etapa del cultivo son de aspecto simple, después vienen las compuestas, imparipinnadas de color verde más o menos intenso con 3 ó 4 pares laterales y una Terminal, el follaje normalmente alcanza una altura entre 0,60 a 1,50 m. Las flores se reúnen en inflorescencias cimosas en las extremidades del tallo posee un tallo principal y en ocasiones varios, según el número de yemas (grellos) que hayan brotado del tubérculo, estos son de sección angular y en las axilas de las hojas con los tallos. El tubérculo procede del ensanchamiento de tallos axilares subterráneos y no de la raíz, los que poseen en la superficie yemas axilares en grupos de 3 a 5, protegidas por hojas escamosas, además se observan lenticelas que son prominencias constituidas por tejidos blando y esponjoso (de relleno) con grandes espacios intercelulares que facilitan el intercambio gaseoso (López *et al.*, 1995).

Sotomayor *et al.* (2009) refieren que, en comparación con otros cultivos, la papa tiene un sistema radicular débil, por lo cual necesita un suelo de muy buenas condiciones físicas y químicas para su desarrollo. El sistema radicular varía de delicado y superficial a fibroso y profundo. Según López *et al.* (1995), la morfología de la papa puede ser afectada por factores ambientales como la temperatura, duración del día, humedad y fertilidad del suelo.

Según Franco *et al.* (2003) la ubicación taxonómica del cultivo es la siguiente:

División: Magnoliophyta
Clase: Magnolipsida
Subclase: Asteridae
Familia: Solanácea
Género: Solanum
Especie: *Solanum tuberosum* L.



2.1.2. Características fisiológicas

La papa es extremadamente plástica con respecto a las diferencias ecológicas, como todos los vegetales realizan una serie de funciones entre las cuales tenemos: el intercambio de gases, respiración, transpiración y la fotosíntesis. La respiración tiene relación con la aeración del terreno y particularmente con el oxígeno ya que los frutos agrícolas se forman en el suelo, la energía liberada en este proceso permite a la planta realizar funciones vitales como el crecimiento, la transpiración, osmosis, formación de compuestos. La respiración excesiva es un factor limitante para el crecimiento a temperaturas mayores de 18 °C, pues cuando la misma es alta la destrucción de sustancia es superior a la formación y se desequilibran estos procesos el metabolismo de la planta se afecta e incide negativamente en la producción del tubérculo (Vázquez y Torres, 2006).

Según Vázquez y Torres (2006) la papa economiza energía en sus procesos vitales. Una alta transpiración crea un desbalance hídrico con cierre de los estomas con lo que se reduce la fotosíntesis, si este fenómeno se realiza con normalidad, resulta una buena producción y se economiza agua. El abono potásico disminuye la transpiración debido a la influencia del potasio sobre la economía del agua. Si se mantiene un régimen hídrico adecuado el estado del cultivo será excelente pues no se afectará la producción de almidón.

Una vez emergida la planta y hasta que el follaje cubre todo el terreno disponible, los productos de la fotosíntesis son usados para el crecimiento general de la planta, tanto para su parte aérea, como radical y los tubérculos (Weldt, 1996).

2.1.3 Características edafoclimáticas

2.1.3.1 Temperatura

Intagri (2017) refiere que para el cultivo de la papa, la mayor limitante son las temperaturas, ya que si son inferiores a 10 °C y superiores a 30 °C afectan irreversiblemente el desarrollo del cultivo, mientras que la temperatura óptima para una mejor producción oscila entre los 17 a 23 °C. Por ese motivo, la papa se siembra a principios de la primavera en zonas templadas y a finales de invierno en las regiones más calurosas. En los lugares de clima tropical cálido se siembra durante los meses más frescos del año. La papa es considerada una planta termoperiódica, es decir, necesita una variación de las temperaturas entre el día y la noche. Dicha variación debe ser entre 10 a 25 °C en el aire. La temperatura del suelo adecuada para el desarrollo de tubérculos debe ser de 10 a 16 °C durante la noche y de 16 a 22 °C en el día. Cuando la oscilación de estas temperaturas es menor a las especificadas anteriormente, se ve afectado el crecimiento y tuberización de la papa.

2.1.3.2 Suelos

La papa puede crecer en la mayoría de los suelos, aunque son recomendables suelos con poca resistencia al crecimiento de los tubérculos. Los mejores suelos son los francos, franco-arenosos, franco-limosos y franco-arcillosos, con buen drenaje y ventilación, que además facilitan la cosecha. Sin embargo, se pueden alcanzar altas producciones en suelos con textura arcillosa al aplicar materia orgánica y regulando las frecuencias de riego. Suelos con una profundidad efectiva mayor 50 cm, son necesarios para permitir el libre crecimiento de estolones y tubérculos de la planta. El cultivo tiene un adecuado desarrollo en un rango de pH de 5,0 a 7,0. Los suelos salinos, alcalinos o compactados provocan trastornos en el desarrollo y producción de la papa. Es recomendable tener suelos con una densidad aparente de 1,20 g cm⁻³, contenido de materia orgánica mayor a 3,5 % y una conductividad eléctrica menor a 4 dS m⁻¹ (Cucas, 2014)

2.1.3.3 Pendiente del terreno

La pendiente tiene una relación muy estrecha con la retención y captación de agua, además de la profundidad del suelo y acceso de maquinaria. Para una buena productividad del cultivo se recomienda una pendiente de 0,0 a 4,0 %,

pendientes mayores a 4,1 % ocasionan que disminuya la producción del tubérculo. Una manera de manejar las fuertes pendientes es mediante el surcado en curvas a nivel o mediante terrazas (Intagri, 2017).

2.1.3.4 Altitud

La altitud puede variar, pues el cultivo se desarrolla bien desde alturas mínimas de 460 hasta los 3,000 msnm, pero la altitud ideal para un buen desarrollo se encuentra desde los 1,500 a 2,500 msnm, claro está que bajo estas condiciones se da la mejor producción de la papa (Intagri, 2017).

2.1.3.5 Vientos

Los vientos tienen que ser moderados, con velocidades no mayores a 20 km h⁻¹, ya que las plantas de papa pueden sufrir daños y reducciones en su rendimiento (Intagri, 2017).

2.1.3.6 Agua

Los requerimientos hídricos varían entre los 600 a 1000 milímetros por ciclo de producción, lo cual dependerá de las condiciones de temperatura, capacidad de almacenamiento del suelo y de la variedad. Las mayores demandas existen en las etapas de brotación y crecimiento de los tubérculos, por lo que es necesario efectuar algunos riegos secundarios en los períodos más críticos del cultivo, cuando no se presenta precipitación (Intagri, 2017).

2.1.3.7 Luz

Después de la emergencia del tubérculo, el cultivo requiere bastante luminosidad. Además, la luminosidad afecta directamente en el proceso fotosintético, dando origen a una serie de reacciones secundarias entre las que intervienen agua y CO₂, los cuales ayudan a la formación de los diferentes tipos de azúcares, que a su vez forman el almidón que se acumula en los tubérculos. La cantidad de luz necesaria varía según la temperatura, por lo que para una óptima producción, la papa requiere de periodos aproximadamente de 8 a 12 e incluso 16 horas de luminosidad (20,000 a 50,000 Lux) según la variedad cultivada. La cantidad de luz tiene gran influencia en la tuberización de la papa y duración del crecimiento vegetativo. Días cortos favorecen el inicio de la tuberización y acortan el ciclo vegetativo, en cambio días largos tienen el efecto inverso (Monroy *et al.*, 2001).

2.1.4 Importancia de la papa

La papa es una planta con gran valor nutricional, entre sus componentes más importantes están los aminoácidos, ácidos grasos, sales, minerales y vitaminas. Es muy importante para la salud y tiene menos calorías que productos muy comestibles como el arroz y el queso, lo que reduce el riesgo de obesidad. Es la planta dicotiledónea más importante como fuente de alimentación humana, en su lugar de origen es el alimento básico de la población. Es importante conocer que posee un glicoalcaloide llamado solanina que se encuentra fundamentalmente en las zonas más verdes del tubérculo y en los brotes jóvenes, este compuesto en concentraciones elevadas (más de 20 mg) produce un sabor amargo y es tóxico. La papa es el cuarto cultivo alimenticio en orden de importancia a nivel mundial después del arroz, trigo y maíz, siendo el principal productor China con una producción de 72 millones de toneladas (Rothman y Tonelli, 2010).

2.2 Desarrollo y crecimiento del cultivo

El crecimiento vegetal se define como aumento irreversible del tamaño y peso seco de las plantas (altura, área foliar, diámetro, número de células y cantidad de protoplasma) o los cambios que ocurren en una planta o población de plantas a través del tiempo, fenómeno acompañado del aumento en la complejidad estructural metabólica del organismo (diferenciación celular, número de hojas), por procesos de división y alargamiento celular, incorporación de materia y energía del ambiente (fotosíntesis, absorción de agua y de iones) y metabolización subsiguiente, la cual se traduce en multiplicación y diferenciación celular. Este proceso está íntimamente relacionado con algunos factores internos como fotosíntesis, respiración, transpiración, condiciones de estrés, concentración enzimática, balance hormonal y expresión genética (Salisbury y Ross, 1972; Cabezas, 2005).

La evaluación del crecimiento y desarrollo se lleva a cabo por medio de técnicas para cuantificar los componentes de rendimiento, englobados en el término general "Análisis de Crecimiento", el cual se refiere a las relaciones de variación entre la cantidad de material acumulado, medido en tamaño o peso y parámetros de órganos asimilatorios. Esta es una aproximación cuantitativa para entender el crecimiento de una planta o de una población de plantas, bajo

condiciones ambientales naturales o controladas (Clavijo, 2001). Los índices de crecimiento obedecen a cinco categorías, Tasa Absoluta de Crecimiento TAC, Tasa Relativa de Crecimiento TCR; Relaciones Simples: Razón de peso foliar (RPF), Área foliar específica (AFE), Índice de área foliar (IAF), Índice de cosecha (IC); Tasas Compuestas de Crecimiento; Tasa de asimilación neta (TAN), Tasa de crecimiento (TCC), Tasa de absorción específica (TAE), Tasa unitaria de producción (TUP); Duraciones Integradas; Duración de área foliar (DAF) y Duración de la biomasa (DB) (Cabezas, 2005).

2.2.1 Períodos de crecimiento y fases de desarrollo

López *et al.* (1995) expresan que el ciclo biológico de la papa comprende cuatro periodos diferenciados que se producen en épocas distintas según el clima y la variedad.

Primer periodo: comprende desde la plantación del tubérculo hasta la brotación, este lapso depende de la variedad de la papa y de la preparación a que se sometan los tubérculos con el objetivo de aproximar la madurez fisiológica a la fecha de recolección. El tubérculo en condiciones adecuadas de humedad y a temperaturas de 12 y 22 °C emite raicillas y después, tallos cortos que al crecer llegan a la superficie (Dwelle, 2003)

Segundo periodo: comprende desde la brotación hasta que los tubérculos alcanzan un diámetro de 0,5 cm. Durante esta etapa crecen el sistema radical y el aéreo, y las hojas alcanzan gran desarrollo; este es tanto más rápido cuanto mayores sean la temperatura y el grado higrométrico. Para el desarrollo es necesario que las raíces dispongan de abundantes elementos nutritivos en forma asimilable, ya que, si estos escasean, el crecimiento se restringe. Es un hecho comprobado que las plantas con pocos tallos producen escasos tubérculos de gran tamaño, y que lo contrario ocurre cuando existen cinco o seis tallos aéreos por pie de planta. En este periodo el suministro de agua frecuente creará las condiciones para un buen desarrollo (López *et al.*, 1995).

Tercer periodo: comprende desde el comienzo de la formación del tubérculo hasta la floración. Se caracteriza por un aumento en el peso y tamaño del tubérculo. La porción aérea sufre un colapso vegetativo, lo que hace que al final de este periodo su crecimiento sea escaso o nulo. El tamaño y el número de los tubérculos que produce cada pie de planta dependen principalmente de

la variedad y de la fertilización. Aunque por lo general se forma un solo tubérculo por cada estolón; factores negativos pueden provocar que los tubérculos se produzcan en forma de rosario, como resultado del estrangulamiento del tubérculo original. Este periodo es crítico en cuanto al suministro de agua al cultivo, ya que la asimilación de nutrientes por la planta aumenta según esta se desarrolla y, lógicamente, si carece de la humedad necesaria los rendimientos se ven afectados sensiblemente (Dwelle, 2003).

Cuarto periodo: comprende desde la floración hasta la recolección. La aparición de las flores coincide generalmente con el final del desarrollo de la parte aérea. La floración depende de la variedad, de la humedad del suelo y del grado higrométrico, pero no parece afectar el número y el tamaño de los tubérculos de cada planta. El final del periodo se conoce por el color amarillo que adquieren las hojas. Después estas se secan y el periodo termina con la casi desaparición de la parte aérea que llega a confundirse con el suelo. En Cuba la planta alcanza su estado óptimo de cosecha sin necesidad que las hojas se sequen, si no cuando toman un color amarillo pálido. Al final el tubérculo alcanza su máximo contenido en fécula, y casi desaparece la glucosa y los azúcares reductores (López *et al.*, 1995).

En este momento el riego debe hacerse cuidadosamente, y no debe ser abundante, ya que puede predisponer los tubérculos a las pudriciones. De 7 a 10 días antes de la recolección llegará la ocasión de suspender el riego para proceder a la cosecha de los tubérculos ya maduros (López *et al.*, 1995).

Mansilla y Arribillaga (2013) señalan que riegos excesivos pueden afectar la calidad industrial del tubérculo, ya que disminuye la materia seca. Además, para el caso de producción de semilla, riegos tardíos alargan el período de maduración y aumenta la sensibilidad a golpes y enfermedades

En algunos estudios se destaca la importancia de la tuberización en papa, ya que es un proceso complejo que involucra a diferentes sistemas biológicos, y que puede tener influencia importante sobre aspectos que incluyen al rendimiento, madurez para cosecha, desarrollo de enfermedades y defectos relacionados (Lulai, 2004). Las fitohormonas, además del fotoperíodo y la temperatura, juegan un papel primordial, ya que regulan los eventos morfológicos de tuberización activados en el ápice del estolón; los niveles altos

de giberelinas inhiben la tuberización, mientras que los bajos la promueven. Los factores de transcripción son proteínas que se unen al ADN para regular la actividad de los genes y en algunos casos, para regular los niveles hormonales; varias de estas ligaduras proteicas del ADN están involucradas en la regulación del crecimiento de la planta y el desarrollo de los meristemos en papa, incluyendo la formación del tubérculo (Hannapel *et al.*, 2004).

La longitud del ciclo de crecimiento del cultivo de papa, depende del tipo de siembra e inicio de tuberización, rapidez inicial de tuberización y pendiente de la curva de tuberización, durante la época de llenado de tubérculos (Wissar y Ortiz, 1987) siendo afectado fuertemente por el ambiente: longitud del día, temperatura y la interacción de los factores más importantes, que pueden modificar la longitud del ciclo de crecimiento (Borrego *et al.*, 2000).

2.2.2 Crecimiento del follaje

En las primeras etapas del ciclo de las plantas, el crecimiento es sostenido por las reservas acumuladas en el tubérculo. La gran cantidad de reservas que este contiene permite que en condiciones óptimas de temperatura entre 20 y 23 °C, la expansión del área foliar sea muy rápida. Al irse consumiendo las reservas y aumentando el área foliar fotosintéticamente activa, esta pasa a ser la fuente principal de asimilatos. El cultivo de papa en condiciones óptimas de crecimiento puede llegar a cubrir totalmente el suelo en 40 o 45 días después de la emergencia, alcanzando la mayor área foliar del ciclo, la que consideraremos como óptima. El crecimiento del follaje es resultado de dos procesos combinados: ramificación y la aparición de hojas y expansión o crecimiento de las hojas. En la planta de papa la yema apical del tallo, luego de la producción de un número de hojas variables se diferencia en una yema floral. La cantidad de ramificaciones y el número de hojas que se produzcan depende de la duración del período de aparición de hojas y de la tasa de aparición de las mismas. Cuanto más largo sea el período de aparición de hojas, mayor cantidad de ramificaciones (pisos o niveles) se producirán. A mayor temperatura (hasta 26 y 28 °C) mayor será la tasa de aparición de hojas (Contreras, 1998).

2.2.3 Factores que determinan el inicio de la tuberización

La formación de los tubérculos está definida como la inducción, iniciación, crecimiento y maduración de los tubérculos y es el proceso determinante en la formación de la cosecha del cultivo. Existen varios factores del ambiente y del manejo que afectan el inicio de la tuberización (Mansilla y Arribillaga, 2013).

La longitud del ciclo de crecimiento del cultivo de papa, depende del tipo de siembra e inicio de tuberización, rapidez inicial de tuberización y pendiente de la curva de tuberización, durante la época de llenado de tubérculos (Wissar y Ortiz, 1987) siendo afectada fuertemente por el ambiente: longitud del día, temperatura y la interacción de los factores más importantes, que pueden modificar la longitud del ciclo de crecimiento.

2.2.3.1 Fotoperíodo

La papa es una planta de día corto (DC) para la tuberización. Podemos decir que el acortamiento de los días (fotoperíodo corto) es un factor que estimula o acelera la entrada en tuberización, pero no determina este proceso. En condiciones de día largo (DL) (fotoperíodo creciente) inician la tuberización, aunque el largo de la 1ra etapa, a igualdad de condiciones de otros factores, será algo mayor con DL que con DC, o sea que podemos decir que la respuesta de este cultivo al fotoperíodo es una “respuesta cuantitativa” (Harris *et al.*, 1992).

El cultivo de la papa en clima tropical se caracteriza por enfrentarse a un comportamiento de las temperaturas que se consideran supra-óptimas, pero estas zonas están también caracterizadas por mayores valores de energía solar durante todo el año. Los valores de energía solar alta favorecen la tendencia a tuberizar bajo temperatura alta (Solís *et al.*, 2015). Las papas de ciclo corto, requieren de alta intensidad lumínica, fotoperíodo corto, altas temperaturas y humedad restringida para obtener los mejores resultados (Franco *et al.*, 2011). No obstante, resulta interesante y necesario continuar trabajando en el cultivo de la papa, en relación con su adaptación al cambio climático (Franke *et al.*, 2013) y las afectaciones que se producen en el proceso de crecimiento y desarrollo de diferentes cultivares.

2.2.3.2 Temperatura

En el inicio de la tuberización, la disponibilidad de asimilatos o azúcares simples en la planta para el inicio de los tubérculos es fundamental. En la aparición del primer racimo floral en la planta, el inicio de la tuberización está afectado por la relación Fuente (disponibilidad de asimilatos) y la Fosa (follaje de la planta). Como la temperatura es uno de los factores fundamentales que afecta esta relación, tiene una gran influencia en la determinación del momento de inicio de la tuberización. A mayor temperatura (hasta 27 o 28 °C), mayor es la tasa de crecimiento potencial del follaje y por lo tanto mayor es su capacidad de consumir asimilatos disponibles. Antes del inicio de la tuberización y aún luego de iniciada, hasta que no hay varios tubérculos creciendo activamente en la planta, la principal fosa es el follaje, las condiciones que favorezcan el crecimiento de éste van a retrasar el inicio de la tuberización. Esto se debe a que las condiciones que favorecen un rápido crecimiento del follaje hacen que este consuma la mayor parte de los asimilatos disponibles. Por tanto, temperaturas por encima de 20 ° C no causan aumentos significativos en la TAN, pero si en la fuerza de fosa de la planta, baja la relación Fuente/Fosa y se retrasa el inicio de la tuberización. A su vez, a temperaturas por debajo de 17 °C, si bien tenemos una baja fuerza de fosa del follaje, la TAN es menor y también es menor la tasa de aparición y expansión de hojas que permita alcanzar una alta intercepción de la radiación en corto tiempo. Esto hace que a temperaturas por debajo de 17 °C también retrasen el inicio de la tuberización. Entre 17 y 20 °C no hay diferencias significativas (Kooman y Haverkort, 1994). Según Mansilla y Arribillaga (2013) la temperatura óptima para la producción de papas es aproximadamente entre 20 – 25 °C durante el día y alrededor de 10-12 °C por la noche. Con temperaturas nocturnas más bajas respecto a las diurnas, el proceso de la respiración disminuye, quemando menos materia seca y por ende la planta la almacena en forma de almidón en los tubérculos. Los días largos en combinación con temperaturas relativamente altas suelen retrasar la iniciación de la tuberización y estimular el crecimiento de follaje.

2.2.3.3 Radiación incidente y disponibilidad de agua

Un estrés hídrico moderado durante la etapa de expansión del follaje (1ra y 2da etapa del cultivo), frena el crecimiento del follaje y favorece la partición de

asimilados hacia el crecimiento de los tubérculos, sobre todo cuando ya existen tubérculos iniciados en la planta. Este efecto del estrés hídrico puede interpretarse como un adelantamiento del fin del crecimiento del follaje a favor de la partición a los tubérculos. Esto puede resultar en un acortamiento del ciclo del cultivo que va acompañado de un incremento de la concentración de Ácido Abscísico (ABA) con detención del crecimiento vegetativo e incremento de reservas en los tubérculos (Vázquez y Torres, 2006).

2.2.3.4 Densidad de plantación y edad fisiológica de la semilla

Con una alta cantidad de tallos por unidad de superficie, provocada por una alta densidad de plantación o por tubérculos semilla en un estado más avanzado de brotación (brotación múltiple), se logra cubrir el suelo por el follaje más rápidamente que con una baja densidad o semilla en estado de brotación apical. La competencia por luz entre tallos, a altas densidades, hace que la ramificación y aparición de hojas cese antes, y esto afecta en cierta medida el inicio de la tuberización, adelantándolo (Scheaffer *et al.*, 1987)

2.3 Rendimiento y sus componentes

La formación de tubérculos en papa depende, entre otras cosas, de la disponibilidad de asimilados y de la habilidad que estos tienen para acumularlos. El rendimiento se entiende como un proceso fisiológico complejo determinado por el genotipo, el ambiente y la interacción de éstos (Milton y Allen, 1995).

Arsenault y Cristie (2004) refieren que la edad fisiológica y el tamaño de la semilla-tubérculo empleada durante la siembra, son dos de los caracteres que están altamente asociados con los diferentes componentes del rendimiento en muchos cultivares de papa. Aunque en algunas investigaciones se ha observado que el rendimiento total en la mayoría de las variedades no es afectado por el peso de la semilla-tubérculo, siempre que en etapas iniciales de crecimiento, el cultivo haya estado libre de factores adversos (Allen *et al.*, 1992).

El rendimiento desde el punto de vista fisiológico, es el producto de tres distintos procesos. El primero ocurre después de la siembra, en donde los tallos crecen de las yemas u ojos de la semilla-tubérculo; el segundo se presenta cuando los tubérculos son formados en los ápices de los estolones,

los que se desarrollan de las yemas basales del tallo, y en el tercer proceso, los tubérculos entran en un periodo de crecimiento activo hasta que alcanzan la máxima acumulación de materia seca. Por lo que el número de tallos por semilla-tubérculo, número de tubérculos por tallo y el peso promedio del tubérculo, son los tres componentes que definen el rendimiento final (Lynch y Tai, 1985; Zvomuya y Rosen, 2002).

En otros estudios, se ha observado que la semilla-tubérculo de mayor tamaño tiende a producir mayor número de tallos y tubérculos por planta (Arsenault y Cristie, 2004), y que estos dos componentes podrían ser útiles como un pronóstico rápido del rendimiento del cultivo (Lynch *et al.*, 2001). Sin embargo, el aumento en el número de tallos por planta puede reducir el rendimiento, ya que se incrementa la proporción de tubérculos pequeños, sobre todo en regiones en condiciones ambientales limitantes (Iritani *et al.*, 1983).

2.4 Cultivo de la papa en Cuba

A finales del siglo XIX, en Cuba, se comercializaba la papa en las regiones de güines en la provincia Habana y en Potrerillo de Gibara, antigua provincia de Oriente. Las prácticas del cultivo eran diferentes pues en potrerillo utilizaban semillas de pequeño tamaño procedentes de Norteamérica y las plantaban enteras mientras que en Güines lo hacían con semillas de gran tamaño de las Islas Canarias y España que fraccionaban antes de la plantación. Cada año se plantan entre 10 000 y 15 000 ha y se obtiene un rendimiento medio entre 18 y 25 t/ha así como una producción anual de 300 000 t (Estévez, 2005).

Según Martín y Jerez (2017) en Cuba, la papa ocupa el primer lugar entre las raíces y tubérculos, plantándose cada año alrededor de 5 664,0 ha año⁻¹, con rendimiento medio de 22,5 t ha⁻¹ y una producción anual de 127 554,5 toneladas en la campaña 2014-2015.

2.4.1 Características de las principales variedades de papa cultivadas en Cuba

La producción de papa cuenta con un amplio espectro de variedades foráneas, las cuales han sido seleccionadas y caracterizadas en nuestro país (Cuba, 2016), entre las que se encuentran: Atlas, Burren, Cal White, Everest, Electra, Royal, Santana, Safari, Spunta, Faluka, Romano, entre otras (Anexo 1).

2.4.1.1 Características del cultivar "Romano"

El cultivar Romano está valorado por su alta adaptabilidad a las condiciones ambientales y la creciente capacidad de producir independientemente rendimiento estable y alto de los factores climáticos y la naturaleza del suelo. Este cultivar posee tubérculos grandes, forma es ovalada, tonalidad alargada, piel de color rosa pálido, pulpa blanca, la cantidad promedio por Bush -. 9 piezas. Está caracterizado por un período de reposo largo por lo tanto es resistente a germinar y tiene buena calidad de conservación. Las papas "Romano" son resistentes al tizón tardío y a algunos virus (Netherlands, 2011).

2.4.1.2 Características del cultivar "Faluka"

Es una planta alta con estructura del follaje de tipo intermedio, los tallos pueden ser desde extendidos a semierguidos. Tiene coloración antociánica de ligera a muy ligera, hojas grandes de color verde con silueta de abierta a semiabierta. Sus inflorescencias pueden ser de numerosas a bastante numerosas con coloración antociánica ausente o muy débil de la cara interna de la corola de la flor. Sus brotes son grandes en forma de cilindro grueso con coloración antociánica mediana y moderada pubescencia de la base, yema terminal mediana con coloración antociánica de débil a muy débil y puntas radicales numerosas (Netherlands, 2011)

Entre sus características agrícolas se distinguen una maduración semitemprana, y Dormancia semilarga a larga. Posee un rendimiento alto y un buen follaje. Es sensible a *Phytophthora* de la hoja, sensible a la *Phytophthora* del tubérculo, tiene buena resistencia al virus X, bastante resistente al virus Yn y medianamente resistente a la sarna común (Netherlands, 2011)

2.5 Cosecha

Según Alemán (1998), generalmente la cosecha de papa se hace semi-mecanizada o mecanizada. En la cosecha semimecanizada se extraen las papas mecánicamente y la recolección y envasado se realizan de forma manual. Durante esta operación se procurará que el producto reúna los requisitos de calidad exigidas en la norma vigente. Esta es la modalidad más generalizada en Cuba. En los últimos años motivados por el creciente turismo internacional que arriba a la isla y por el excelente mercado que esto significa

se ha tomado el siguiente procedimiento: cosechar de forma semimecanizada en el campo y proceder allí mismo a una clasificación del producto en tres categorías: papas con destino al turismo; papas con daños mecánicos; papas titinas. Posteriormente esta producción se transporta hacia los centros de beneficio para su almacenamiento en frigoríficos o para transportarla hacia los mercados metas.

2.5.1 Centro de beneficio

En el centro de beneficio el proceso tecnológico consta de las operaciones siguientes: recepción, alimentación, eliminación de tierra y follaje, eliminación de rezago, calibración, cosido de sacos, almacenamiento, transporte interno y expedición. Este procedimiento puede ser en seco o utilizando agua (húmedo), para lo cual se utiliza una instalación especializada. La recolección debe llevarse a cabo dentro de las veinticuatro horas que siguen a la extracción. Si la papa es para almacenar o para beneficiar, se evitará que quede expuesta al sol del mediodía; sin embargo, se admite que quede sobre la tierra durante una noche. Las papas cosechadas deben tener aspecto sano, no estar dañada por insectos o roedores y estar libre de colores extraños y daños mecánicos. Además debe tener el color y la forma típica del cultivar y un diámetro transversal mínimo de 30 mm (Martínez, 2005).

3. Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló en el campo 3 de la UEB Pararrayos de la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú”, en el municipio de Santa Clara, provincia Villa Clara, ubicada en la carretera a Sagua Km 2, y en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Los experimentos de campo se realizaron en un suelo Pardo mullido medianamente lavado (Hernández *et al.*, 2015) en el periodo comprendido entre noviembre del 2017 y mayo de 2018.

Se utilizaron los cultivares de papa Romano y Faluka procedentes de Holanda. Se empleó un diseño de bloques al azar con cinco réplicas. La plantación se realizó el 14-19/01/2018 de forma mecanizada, con un marco de 0,90 m x 0,30 m, a una profundidad de 20 cm aproximadamente. Se le realizaron 10 riegos al cultivo en cada cuadrante (4), presentando dificultad en el riego fijación al herbicida por problemas técnicos de la máquina (Anexo 2). Protección fitosanitaria (Anexo 3).

Las atenciones culturales y fertilización se desarrollaron según el Instructivo Técnico (MINAG, 2016).

Las variables climáticas fueron extraídas de los registros de la Estación Meteorológica 78343, ubicada en la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú”, en el municipio de Santa Clara.

3.1. Determinación de indicadores morfofisiológicos

3.1.1 Número de plantas y tallos en 10 m lineal

Las observaciones fueron representativas de todo el cultivo, se seleccionaron cinco zonas. Se empleó la misma zona en cada evaluación. Se contó el número de plantas en 10 metros lineales, de igual forma se contó el número de tallos que tiene cada planta y se calculó el promedio de tallos/planta.

3.1.2 Peso fresco (PF)

Se tomaron cinco plantas por cultivar, a los 35 y a los 70 días a partir de que la brotación alcanzó el 50 % y se determinaron los pesos frescos de cada órgano (raíz, hojas, tallos y tubérculos) por planta.

3.1.3 Peso seco (PS)

Se tomaron muestras de 50 g de cada órgano fresco (tubérculo, raíz, tallos y hojas) (Peso fresco de las muestras) y se secaron en estufa a 70 °C durante aproximadamente 72 h (hasta peso constante).

Para determinar peso seco (PS) y Peso fresco (PF) se utilizó una balanza de precisión de $\pm 0,01$ g

3.1.4 Área foliar por plantas (AF)

Se pesaron todos los limbos de los folíolos, libres de pecíolos, de cada planta y se tomaron 50 discos de diámetro conocido (por ejemplo 1,1 cm u otro), posteriormente se pesaron y se realizó el cálculo del área foliar a los 30, 60 y 70 días mediante la fórmula

$$AF = \frac{Ad \times PFL}{PFd}$$

Donde:

Ad es el área de los todos los discos extraídos (cm²)

PFL es el peso fresco de todos los limbos foliares de la planta (g)

PFd es el peso fresco de todos los discos (g)

AF el área foliar de la planta en cm², y se llevó a dm², dividiendo por 100

3.1.5 Índice del área foliar (IAF)

Se determinó mediante la siguiente fórmula

$$IAF = \frac{(AF)}{(AV)}$$

Donde:

AF= área foliar de la planta (m²)

AV = área vital de la planta (m²)

3.2. Determinación de Indicadores de crecimiento

3.2.1 Tasa de asimilación neta (TAN)

Para el cálculo de este índice se empleó la fórmula:

$$TAN = \frac{2(PSf - PSi)}{(AFf + AFi)(Tf - Ti)}$$

PSf es el peso seco total de la planta en la segunda evaluación (g)

PSi es el peso seco total de la planta en la primera evaluación (g)

AFf es el área foliar de la planta en la segunda evaluación (dm²)

AF_i es el área foliar de la planta en la primera evaluación (dm^2)

T_f y T_i son las edades a las que se realizaron las evaluaciones, final e inicial, respectivamente, expresadas en días.

El peso seco total es igual a la suma de los pesos secos de hojas, tallos y tubérculos en el momento de cada evaluación.

3.2.2 Tasa Relativa de Crecimiento (TRC)

Se calculó mediante la fórmula propuesta por Hunt (1982) citado por Leiva-Mora *et al* 2011. Se expresó en $\text{g g}^{-1}\text{día}^{-1}$

$$TRC = \frac{2(PS_f - PS_i)}{(PS_f + PS_i)(t_f - t_i)}$$

3.2.3 Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC)

Esta variable se calculó por la fórmula propuesta por Hunt (1982) citado por

Leiva-Mora *et al* 2011.: $TAC = \frac{(PS_f - PS_i)}{(T_f - T_i)}$ Se expresó en g día^{-1}

3.2.4 Razón del área foliar (RAF)

Se calculó por la fórmula:

$$RAF = \frac{1}{2} \left(\frac{AF_i}{PS_i} + \frac{AF_f}{PS_f} \right)$$

Se expresó en $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$

3.3 Rendimiento y sus componentes

3.3.1 Estimación del rendimiento potencial en ambos cultivares

Para la estimación del rendimiento potencial se pesaron los tubérculos de cinco plantas por cultivar y se multiplicó por el número de planta correspondiente a una hectárea, basándonos en el marco de plantación empleado en ambos cultivares.

3.3.2 Peso promedio por tubérculo

Para determinar el peso promedio por tubérculo, se tomaron cinco plantas por cultivar y se pesaron los tubérculos de cada planta y ese peso total se dividió entre el número de tubérculos por planta.

3.3.3 Índice de Cosecha (IC ó K)

Para determinarlo se utilizó la fórmula:

$$K = \frac{PSTC}{PSf(70 \text{ días}) + PSTC}$$

Donde *PSTC* = peso seco de los tubérculos en cosecha.

PSf = peso seco del follaje (hojas + tallos en la evaluación realizada a los 70 días)

3.4 Procesamiento estadístico

Los datos fueron ordenados y tabulados en el software Microsoft Office Excel 2013. Para el procesamiento estadístico se utilizaron los paquetes de programas STATGRAPHICS Centurión XV.II. Soportado sobre Microsoft Windows 8 Enterprise © 2012. Después de comprobar los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad se aplicó la prueba de t-student para comparación de medias y la prueba no paramétrica de Mann-Whitney según correspondió con un nivel de confianza del 95 %.

4. Resultados y discusión

4.1. Determinación de indicadores morfofisiológicos

4.1.1 Número de plantas y tallos en 10 m lineal

El número de plantas presentes en 10 metros lineales no mostró diferencias significativas (Figura 1), y nos indicó un alto porcentaje de población en ambos cultivares.

En el número de tallos se obtuvo el valor más elevado en el cultivar Faluka con diferencias significativas respecto al cultivar Romano (Figura 1). Según Zaag (1987) y Rodríguez (2013), este es un indicador importante en el rendimiento y está determinado fundamentalmente por factores tales como el tamaño del tubérculo y por el número de brotes que haya en cada tubérculo. El propio autor refiere que la diferencia entre el número de tallos se traduce en la diferencia entre el tamaño del tubérculo de siembra y la velocidad de brotación de las plantas.

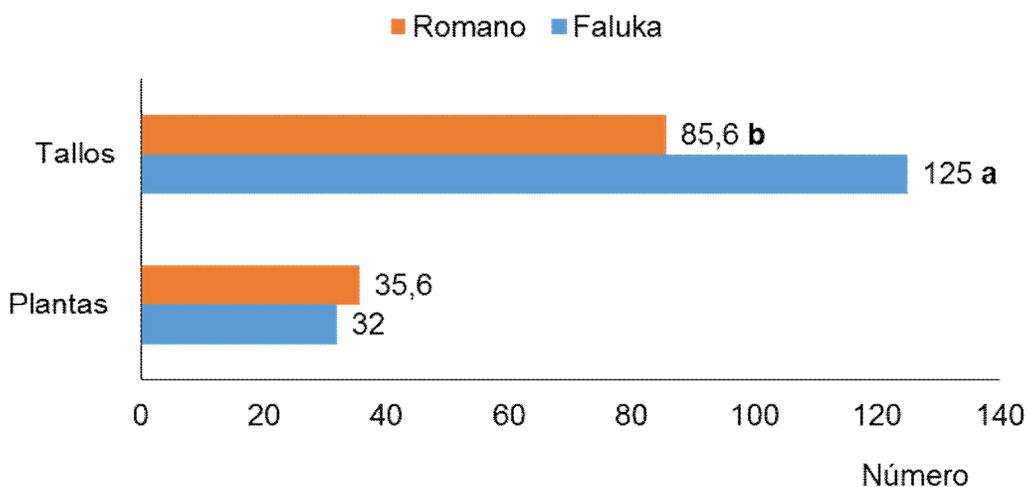


Figura 1. Número de plantas y tallos por cultivar en 10 m lineales; (a, b) en barras difieren las medias por t- student para $p \leq 0,05$

Wiersema (1981) refiere que el número óptimo de tallos por planta, para obtener los mejores rendimientos, varía de una variedad a otra y éste a su vez está determinado por el número de brotes plantados, no obstante, es muy importante la consistencia de estos, método de plantación y condiciones del terreno.

Méndez (2009) señala que la verdadera densidad del cultivo está dada por el resultado de la densidad de plantas y por su número de tallos.

4.1.2 Peso fresco

En el peso fresco de todos los órganos de la planta a los 30 días, con excepción de los tubérculos, el cultivar Faluka obtuvo los mayores valores (Tabla 1), lo que nos indica que es un cultivar con un alto aparataje foliar, esto coincide con lo señalado por Netherlands (2011), no siendo así en el peso fresco del tubérculo que el mayor valor fue alcanzado por el cultivar Romano (Tabla 1), lo que nos indica que es un cultivar de poco follaje, pero con un buen proceso de tuberización.

A los 70 días de establecido el cultivo los valores más elevados los presentó el cultivar Romano en cada uno de los órganos de la planta evaluados (Tabla 1). Los resultados expuestos coinciden con los obtenidos por Cabrera (2009), Portela *et al.* (2010), Linares (2012) y Gámez (2017) en el cultivar Royal.

Tabla 1. Peso fresco (Pf) de todos los órganos de la planta para ambos cultivares a los 30 y 70 días

Cultivar / Días	Pf Raíz		Pf Tallo		Pf Hoja		Pf Tubérculo	
	30	70	30	70	30	70	30	70
Faluka	20,7a	17b	106,6a	99,7b	253a	66,2	58b	628,8b
Romano	12,6b	21a	79,4b	115a	199,5b	60,5	118a	716a

(a, b) en una misma columna difieren los cultivares por t- student, para $p \leq 0,05$

4.1.3 Peso seco

En la acumulación de materia seca de raíz, tallos y hojas, a los 30 días, el cultivar Faluka mostró diferencias significativas respecto a Romano (Tabla 2), no siendo así, en el peso seco del tubérculo, donde este alcanzó el mayor valor con diferencias significativas respecto a Faluka, correspondiente con un mejor desempeño en el proceso de formación del tubérculo (Tabla 2a).

Tabla 2. Peso seco (PS) de todos los órganos de la planta a los 30 y 70 días

Cultivar	PS Raíz		PS Tallo		PS Hoja		PS Tubérculo	
	30	70	30	70	30	70	-	70
Faluka	3,68a	2,66a	9,19a	6,40b	26,46a	14,03b	-	102b
Romano	2,35b	2,02b	6,13b	7,02a	20,25b	16,77a	-	129a

(a, b) en una misma columna difieren los cultivares por t- student, para $p \leq 0,05$

Tabla 2a. Peso seco del tubérculo para ambos cultivares a los 30 días

Cultivar	PS tubérculo (30 días)	
	Media	Mediana
Faluka	10,34	10,34b
Romano	16,22	15,92a

(a, b) en una misma columna difieren los cultivares por Mann-Whitney, para $p \leq 0,05$

En la evaluación correspondiente a los 70 días de establecido el cultivo, el cultivar Romano presentó una mayor acumulación de materia seca en todos los órganos de la planta (Tabla 2). Estos resultados coinciden con los obtenidos Portela *et al.* (2010) y Torres García *et al.* (2012)

La producción de materia seca total es un resultado de la eficiencia del follaje del cultivo en la intercepción y utilización de la radiación solar disponible durante el ciclo de crecimiento. Sin embargo, esta eficiencia puede ser influenciada por la cantidad de radiación solar y la habilidad de las hojas para fotosintetizar (Santos *et al.*, 2010).

En Colombia Núñez *et al.* (2009) evaluaron la acumulación y distribución de materia seca en los órganos de la planta, encontrando diferencias en cuanto a materia seca en hojas y tallos.

4.1.4 Área foliar por plantas (AF)

A los 30 y 60 días el área foliar mostró diferencias significativas en ambos cultivares (Tabla 3), debido a que Faluka contaba con mayor follaje, característico de este cultivar según Netherlands (2011), además de las aplicaciones de nitrógeno proporcionadas al cultivo.

Tabla 3. Área Foliar de los cultivares a los 30,60 y 70 días

Cultivar	Área Foliar dm ²		
	30	60	70
Faluka	72,26a	96,19a	47,24b
Romano	59,13b	78,24b	61,68a

(a, b) en una misma columna difieren los cultivares por t- student, para $p \leq 0,05$

Cabrera (2009) obtuvo resultados similares en la variedad Cal White a los 30 y 60 días en plantas con 4 tallos y Gámez (2017) en el cultivar Royal.

El área foliar es un índice importante que sugiere, en caso de ser elevado, un buen desarrollo vegetativo en la planta para producir fotoasimilados, capacidad de cobertura del suelo para combatir malezas, así como la relación con la tasa de llenado del tubérculo, ya que existe una gran interacción entre la tuberización y la estructura del follaje de la planta (Groza *et al.*, 2005).

A los 60 días el área foliar alcanzó su mayor valor en todo el ciclo con diferencias significativas entre los cultivares (Tabla 3). A partir de ese momento ambos cultivares sufrieron una fuerte infestación por la enfermedad fungosa conocida como Tizón tardío provocada por el agente causal (*Phytophthora infestans* Mont) (Figura 2), lo que ocasionó la pérdida del follaje en ambos cultivares, e impidió la culminación del ciclo productivo y contribuyó a que el área foliar se redujera considerablemente a los 70 días (Tabla 3) cuando debía mostrar su mayor incremento.



Figura 2. Afectación por (*Phytophthora infestans* Mont.) en ambos cultivares

Según Mayea *et al.* (1995) el tizón se considera la enfermedad más perjudicial para la papa. Hooker (1980) señaló además que es una enfermedad de carácter destructivo donde quiera que se plante este cultivo sin aplicación de fungicidas, excepto en áreas cálidas, secas y bajo riego.

Hans *et al.* (2007) refieren que los cultivares Romano y Faluka son muy susceptible a la *Phytophthora* de la hoja y muy resistente a la del tubérculo.

.4.1.5 Índice del área foliar (IAF)

El índice de área foliar a los 60 días mostró diferencias significativas, el valor más elevado se obtuvo en el cultivar Faluka, superior a tres (Figura 3). Resultados que difieren de los obtenidos por De Oliveira *et al.* (2000) en Brasil donde el AF alcanzado por la variedad Aracy (*ssp. tuberosum*) fue de 3, mientras que Rodríguez *et al.* (2003) en la variedad Parda Pastusa, alcanzaron un valor máximo de 2,1 en la localidad del Centro Agropecuario Marengo y de 2,5 en el Centro de Investigación San Jorge, valores similares a los obtenidos por Santos *et al.* (2010), lo que puede estar relacionado con las condiciones de manejo del cultivo de papa en Colombia.

De la Casa *et al.* (2007) señalan que cuando los valores de IAF son superiores a 3, la fracción de radiación interceptada cambia muy poco, de forma tal que su contribución para captar energía luminosa y aprovecharla para producir materia seca resulta, a partir de este valor, progresivamente menos importante.

El cultivar Faluka presentó mayor follaje que el Romano, lo que provocó autosombreo, proceso en el cual se afecta la calidad del tubérculo, esencialmente en la reducción de su tamaño medio. Según Pride y Ferrel (1997), el excesivo autosombreo hace que cierta cantidad de hojas o partes de ellas se transformen en parásitas y dejen de ser productivas y se conviertan en sumidero de los productos asimilados, por lo que compiten con el tubérculo.

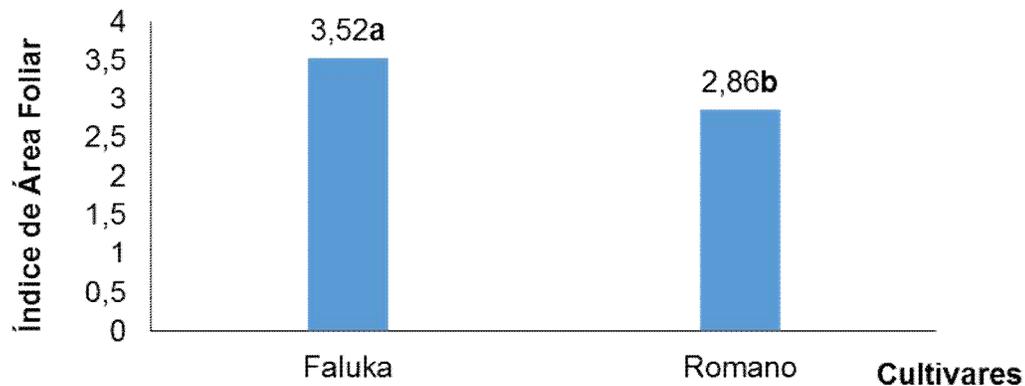


Figura 3. Índice de Área Foliar de los cultivares a los 60 días de edad; (a,b) en barras difieren las medias por t- student para $p \leq 0,05$

El índice de área foliar óptimo es aquel que soporta la máxima tasa de materia seca, y se consigue cuando el cultivo intercepta virtualmente toda la radiación fotosintética activa disponible (Clavijo, 1989), y en consecuencia las capas más bajas de hojas aún son capaces de mantener un balance positivo de carbono (Hunt, 1978).

El IAF varía con la forma de la hoja y la distribución tanto vertical como horizontal del follaje (Santos *et al.*, 2010).

Kadaja y Tooming (2004) refieren que el IAF, cumple la función de retroalimentación entre las plantas y el régimen de radiación, que de esta forma actúa controlando la capacidad fotosintética del cultivo.

4.2.1 Tasa de asimilación neta (TAN) y Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC).

La reducción en la (TAN) en el cultivar Faluka (Figura 4a) fue provocada por el exceso de follaje característico del cultivar por lo que aumentó el área foliar por planta, situación ésta que puede llegar a extremos donde las hojas producen menos masa seca por fotosíntesis debido a un autosombreo, también pudo estar determinado por un contenido menor de clorofila en sus hojas evidente por la coloración que era un verde claro menos intenso que en el cultivar Romano. El follaje poco activo influye negativamente en el rendimiento, ya que una parte de las hojas producen poco con respecto a lo que consumen.

Vázquez y Torres (2006) señalan que la tasa de asimilación neta (TAN) es un estimado de la fotosíntesis neta (CO_2 fijado en la fotosíntesis menos la pérdida ocasionada por respiración y fotorrespiración).

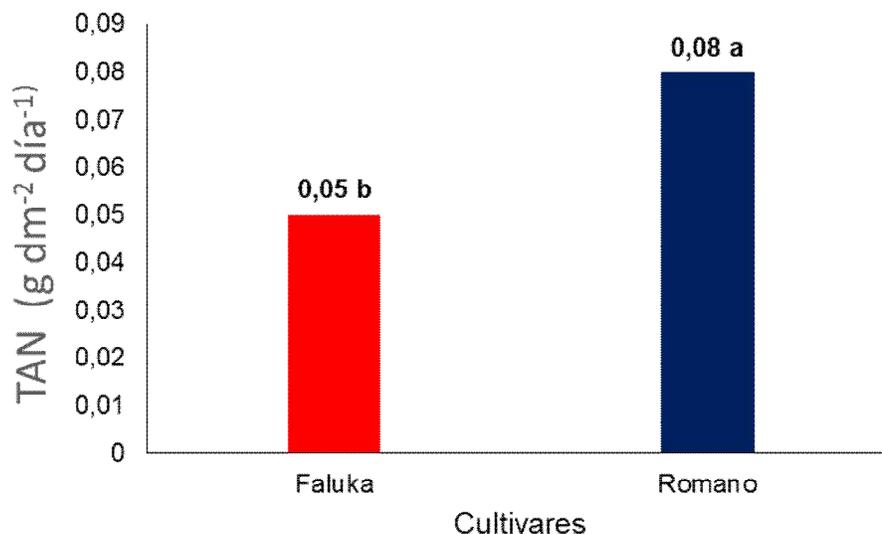


Figura 4a. Tasa de Asimilación Neta por cultivares; (a,b) en barras difieren las medias por t- student para $p \leq 0,05$

De acuerdo con De Oliveira *et al.* (2000), el comportamiento de la TAN en la papa, resulta diferente al observado en otras especies vegetales, debido a que la acumulación de reservas ocurre en los tubérculos y no en la parte aérea de la planta, razón por la cual la TAN en plantas de papa, puede incrementar al final del ciclo de cultivo, debido a una alta actividad de la demanda (tubérculos). Estos autores refieren que en su investigación la TAN se redujo a medida que transcurrió el ciclo de cultivo; sin embargo, algunos tratamientos presentaron incrementos en este índice hacia el final del ciclo de cultivo, a pesar del proceso de senescencia, debido a la mayor acumulación de materia seca en los tubérculos en este punto del ciclo. Resultados similares a lo ocurrido en las variedades Betina y Esmeralda evaluadas por Santos *et al.* (2010).

En el indicador de crecimiento (TAC) el mayor resultado lo obtuvo el cultivar Romano con diferencias significativas respecto al cultivar Faluka (Figura 4b), este resultado es consecuente con una mayor producción de masa seca diaria

en el tubérculo, lo cual es un aspecto importante en la selección de cultivares productivos, mientras que Faluka mostró menor eficiencia.

Portela (2010) obtuvo una Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) en el cultivar Romano de 1,78 g d⁻¹, valor inferior a lo obtenido en esta investigación.

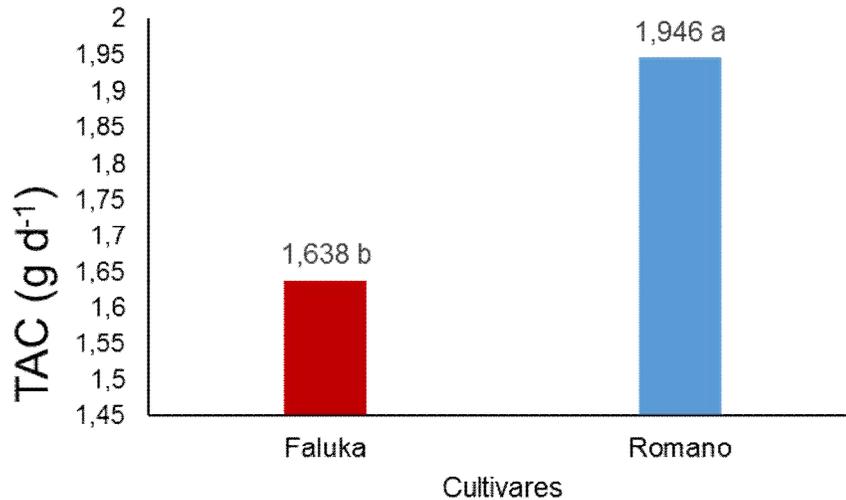


Figura 4b. Tasa Absoluta de Crecimiento por cultivares; (a,b) en barras difieren las medias por t- student para $p \leq 0,05$

4.2.2 Tasa Relativa de Crecimiento (TRC)

El mayor valor de la tasa relativa de crecimiento (TRC) lo mostró el cultivar Romano con diferencias significativas respecto a Faluka (Figura 5).

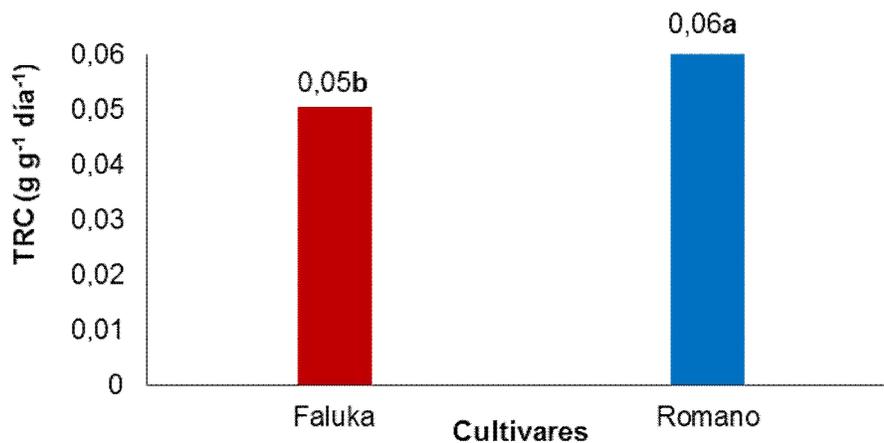


Figura 5. Tasa Relativa de Crecimiento por cultivares; (a,b) en barras difieren las medias por t- student para $p \leq 0,0511$

Este índice de eficiencia en la producción de materia seca de la planta expresa el incremento de peso por unidad de peso presente en el tiempo, cuanto se crece por unidad de peso total de la planta (Vázquez y Torres, 2006).

Según Jérez *et al.* (2016) la Tasa Relativa de Crecimiento (TRC), representa la capacidad de la planta para producir material nuevo por unidad de tiempo; la misma se ve afectada por diferencias en la tasa de asimilación neta, en la tasa respiratoria, en el grosor de la lámina foliar y en la distribución de los productos elaborados. Estos resultados son superiores a los obtenidos por Linares (2012) quien obtuvo valores de 0,04 para el cultivar Atlas y de 0,035 para el cultivar Romano.

4.2.4 Razón del área foliar (RAF)

La Razón de Área foliar osciló entre 1,19 $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$ para el cultivar Faluka y 0,94 $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$ para Romano, resultados superiores a los alcanzados por Gámez (2017) quien obtuvo valores de 0,6 $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$ en el cultivar Royal.

El cultivar Faluka necesitó mayor área de hojas para producir un gramo de masa seca (Figura 6) y por tanto es menos eficiente que el cultivar Romano en la asimilación, esto pudo estar determinado por una menor concentración de clorofila por unidad de superficie en sus hojas. También Faluka mostró un mayor follaje, característico de este cultivar, por lo que sus hojas pudieron estar sometidas a un mayor autosombreo, lo que provocó una baja asimilación por escasa luminosidad. Estos resultados corresponden con los obtenidos por Linares (2012).

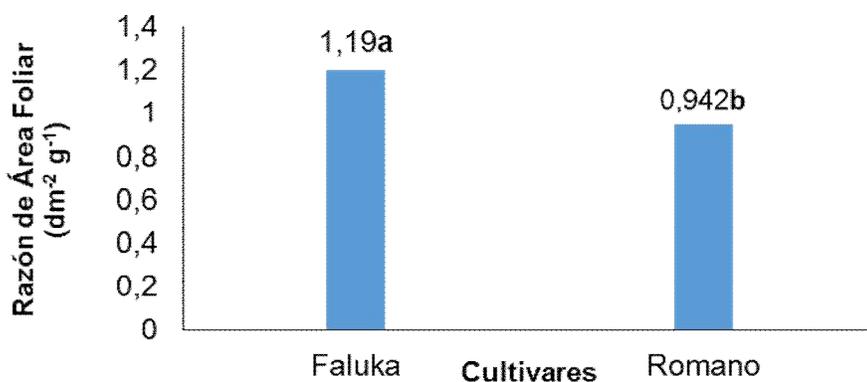


Figura 6. Razón de área foliar por cultivares; (a, b) en barras difieren las medias por t- student para $p \leq 0,05$

Según Santos *et al.* (2010) la Razón de área foliar (RAF) es definida como la relación entre el área foliar total y el peso seco total.

4.3.1 Estimación del rendimiento potencial en ambos cultivares ($t\ ha^{-1}$)

En la estimación del rendimiento potencial para ambos cultivares existe diferencias significativas, obteniendo el valor más elevado el cultivar Romano. El cultivar Faluka mostró los menores rendimientos, ocasionado por el tamaño inferior de los tubérculos y el peso promedio de estos, que fueron inferior a los del cultivar Romano (Figura 7).

Según Estevez *et al.* (2003) las variedades Romano y Desiree han sido las más estables y de las de mejor comportamiento en la producción durante varios años en Cuba.

El bajo rendimiento expresado de los dos cultivares en comparación con otras campañas también se puede atribuir a una mayor infestación por el Tizón tardío (*P. infestans*), lo que impidió la culminación del ciclo productivo debido a la gran defoliación ocasionada en ambos cultivares.

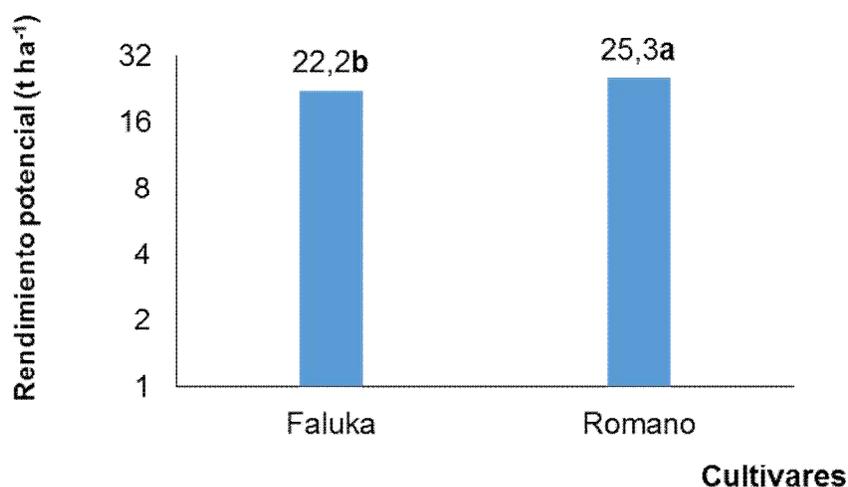


Figura 7. Rendimiento potencial por cultivares; (a,b) en barras difieren las medias por t- student para $p \leq 0,05$

Rodríguez (2013) obtuvo resultados similares para el cultivar Romano alcanzando un rendimiento de 24,5 t ha⁻¹.

El rendimiento es un atributo altamente variable que está influenciado por el año, la localidad, el tipo de suelo, la fertilidad del suelo, la tecnología y el genotipo, por tanto, la estabilidad de un genotipo en un amplio rango de ambientes tiene una importancia considerable en la selección de progenitores y cultivares comerciales (Salomón *et al.*, 2015).

Martin y Jerez (2017) expresaron que las temperaturas constituyen un factor importante dentro de las condiciones climáticas presentes, con una gran influencia en el comportamiento de los rendimientos.

No obstante en ocasiones, aún cuando las condiciones ambientales son adecuadas para el desarrollo del cultivo, también es posible encontrar bajos rendimientos, lo cual depende de las atenciones culturales (sobre todo la nutrición) que se le haya dado al cultivo (Punina, 2013).

4.3.2 Peso promedio por tubérculo

Los mayores valores en el peso medio de los tubérculos se observó en el cultivar Romano (Figura 8), debido a que mostró un mejor desempeño en el proceso de tuberización, y un mayor tamaño de los tubérculos que los que mostró el cultivar Faluka, que pudieron verse afectados por un autosombreo ocasionado por gran aparataje foliar propio del cultivar, el cual influyó directamente en el tamaño de los tubérculos. Resultados similares fueron obtenidos por Cabrera *et al.* (2009; Inotroza *et al.* (2009) y Rodríguez (2013).

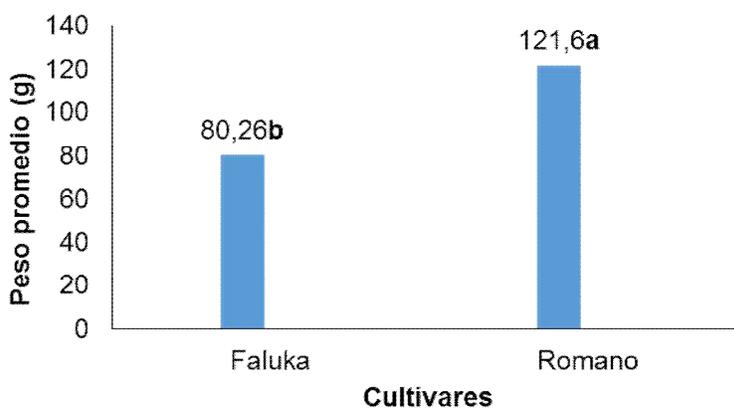


Figura 8. Peso promedio por tubérculo; (a,b) en barras difieren las medias por t-student para $p \leq 0,05$

Al evaluar el comportamiento de las condiciones climáticas y su influencia en los rendimientos, se pudo comprobar que durante todo el ciclo de la papa los valores de temperatura mínima fluctuaron entre 15,21 y 19,6 °C y las máximas entre 23,34 y 29,38 °C, lo cual influyó directamente en el rendimiento de los cultivares, provocando un incremento del follaje con una mayor capacidad para consumir asimilatos, afectando así el proceso de formación del tubérculo (Figura 9).

Kooman y Haverkort (1994) expresaron que a mayor temperatura (hasta 27 o 28 °C), mayor es la tasa de crecimiento potencial del follaje y por lo tanto mayor es su capacidad de consumir asimilatos disponibles.

Las altas y bajas temperaturas influyen en gran medida en la pérdida respiratoria y en el desarrollo del follaje inicial del cultivo (Brackmann y Greb, 2014).

La mayor influencia de esta variable meteorológica sobre el cultivo, radica en el rango de amplitud que se produzca entre las temperaturas máximas y mínimas (Martín y Jerez, 2017). En otro sentido, la temperatura resulta el factor más importante a tener en cuenta debido a que induce el desarrollo a través de las diferentes fases del cultivo, desde la emergencia hasta la floración y madurez.

En cuanto a la humedad relativa se observaron valores entre 72,37 y 90,63 %, los cuales se consideran altos (Figura 9).

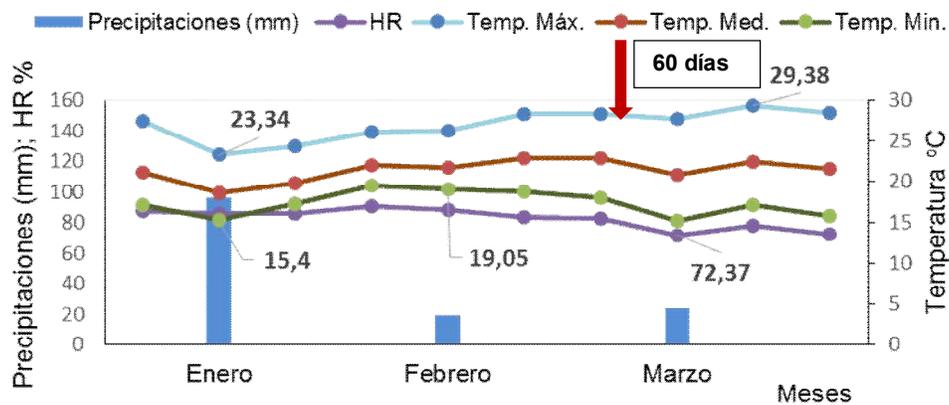


Figura 9. Comportamiento del clima durante el ciclo de los cultivares de papa (enero a marzo 2018)

Al valorar las condiciones climáticas a los 60 días de plantado el cultivo se observó que existían las condiciones favorables para la aparición del tizón tardío de la papa con temperaturas elevadas, superiores a 15 °C las mínimas y a 27 °C las máximas con una humedad relativa constante superior a 73 %. *P. infestans* es un hongo que se propaga rápidamente en condiciones cálidas y húmedas, con temperaturas superiores a los 10 °C y una humedad relativa constante superior al 75 % (Paul *et al.*, 1994).

El cultivo de la papa está influenciado por elementos meteorológicos que influyen sobre el crecimiento, desarrollo, producción y calidad. Estos son principalmente la temperatura del suelo y el aire, radiación solar, fotoperíodo, humedad del suelo y evapotranspiración (Roa *et al.*, 2010).

4.3.3 Índice de Cosecha (IC ó K)

El mayor índice de cosecha (K) se alcanzó en el cultivar Romano con un valor de 0,78 con diferencias significativas respecto al cultivar Faluka (Tabla 4) e inferior al obtenido por Portela (2010) quien alcanzó valores de 0,87 para este cultivar en condiciones de casa de cultivo.

El descenso del índice de cosecha en el cultivar Faluka se debió a un mayor autosombreo que redujo la superficie foliar expuesta a la luz, lo que trajo consigo disminución de la asimilación y menor derivación de lo producido hacia los tubérculos. Resultados similares fueron obtenidos por Milanés (2012) en el cultivar Romano 0,75 comparado con el cultivar Atlas que fue de 0,8.

Tabla 4. Índice de cosecha en ambos cultivares

Cultivar	Índice de cosecha
Faluka	0,68b
Romano	0,78a

(a, b) en una misma columna difieren los cultivares por t- student, para $p \leq 0,05$

5. Conclusiones

1. El cultivar Faluka mostró mayor área foliar y menores Índices de eficiencia productiva que el cultivar Romano.
2. Bajo las condiciones de la empresa agropecuaria “Valle del Yabú” del municipio Santa Clara el cultivar Romano demostró tener mayor rendimiento y mayor índice de cosecha que Faluka.

6. Recomendaciones

- Continuar haciendo estudios sobre el desempeño del cultivar Faluka para determinar si la baja eficiencia que mostró estuvo relacionada con las condiciones climáticas existentes en esta campaña, o es una característica intrínseca del cultivar.

7. Bibliografía.

- Alemán, P. R. 1998. Modulo: Manejo postcosecha. Universidad Francisco de Paula Santander. Colombia
- Allen, E. J.; O'Brien, P. J.; Firman, D. 1992. An evaluation of small seed for ware-potato production. *J. Agric. Sci.* 118: 185-193.
- Arsenault, W. J.; Cristie, B. R. 2004. Effect of whole seed tuber size and pre-plant storage conditions on yield and tuber size distribution of Russet Burbank. *American Journal of Potato Research* 81: 371-376
- Borrego, Fernando; Fernández, José M.; López, Alfonso; Parga, Víctor M.; Murillo, Margarita; Carvajal, Adrián. 2000. Análisis de crecimiento en siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) Universidad de Costa Rica, Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, vol. 11, núm. 1, abril, pp. 145-149
- Brackmann, K. y Greb, T. 2014. "Long- and short-distance signaling in the regulation of lateral plant growth". *Physiologia Plantarum*, vol. 151, no. 2, pp. 134-141, ISSN 0031-9317, DOI 10.1111/ppl.12103
- Cabezas Marco y German Corchuelo. 2005. Estimación de la interceptación de la radiación solar en papa criolla *Solanum phureja* (Juz et Buk) en tres localidades colombianas. *Agronomía Colombiana* 23 (1):62-73
- Clavijo, J. 1989. Análisis de crecimiento en malezas. *Revista Comalfi*: 15: 12-16.
- Contreras, A. 1998. Cultivo de la papa. Pequeña agricultura en la Región de Los Lagos. Valdivia - Chile, Edit. Universidad de Chile. p. 175-179.
- Cuba. 2016. Instructivo técnico. Ministerio de la Agricultura, Dirección de Agricultura, La Habana. 60 p.
- Cucas T., Cinthya. 2014. Fases fenológicas del cultivo. Universidad politécnica estatal del Carchi. Ecuador.
- De la Casa, A., Ovando. G., Bressanini, L., Rodríguez, A., y Martínez, J. 2007. Uso del índice de área foliar y del porcentaje de cobertura del suelo para

- estimar la radiación interceptada en papa. *Agricultura Técnica* (CHILE) 67(1):78-85 (ENERO-MARZO)
- De Oliveira, A., J.D. Rodrigues e S.Z. De Pinho. 2000. Análise de crescimento na cultura da batata submetida a diferentes lâminas de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35(5): 901-907.
- Dwelle, R. B. 2003. Potato Growth and Development, pp. 9-19. in: Potato Production Systems. STARK, J. C.; LOVE, S. L. (Eds.). Idaho Center of Potato Research and Education.
- Estévez, A.; Salomón, J.; Castillo, J.; Ortiz, Ú. y Ortiz, E. 2003. Regionalización de clones cubanos de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales.*, Vol. 26, no. 3, pp. 59-63. ISSN: 1819-4087.
- Estévez, Ana. 2005. La papa. Importancia y situación mundial en: El cultivo de la papa en Cuba. Ediciones INCA.
- Estévez, Ana.; González, María E. 2005. Origen, evolución y migración de la papa. En: El cultivo de la papa en Cuba. Ediciones INCA Cap I, p 1-3.
- Franco, J.; Main, G.; Navia, O.; Ortuño, N. y Herbas, J. 2011. "Improving productivity of Andean small farmers by biorational soil management: I. The potato case". *Revista Latinoamericana de la Papa*, vol. 16, no. 2, pp. 271-290, ISSN 1853-4961.
- Franco. 2003. Guía técnica para la producción de papa en Cuba. Ed. Liliana. 12 pp.
- Franke, A. C.; Haverkort, A. J. y Steyn, J. M. 2013. "Climate Change and Potato Production in Contrasting South African Agro-Ecosystems 2. Assessing Risks and Opportunities of Adaptation Strategies". *Potato Research*, vol. 56, no. 1, pp. 51-66, ISSN 0014-3065, 1871-4528, DOI 10.1007/s11540-013-9229-x.
- Funes, A.F. 2007. Agroecología, Agricultura Orgánica y Sostenibilidad. ACTAF. *Revista Agroecológica* Ed. Liliana. 22 pp.

- Gámez, Yenisey. 2017. Efecto del número de tallos en el crecimiento y rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) cultivar Royal. Tesis aspirante a Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara.
- Groza, H., Bowen, B., Kichefski, D., Peloquin, S., Stevenson, W., Bussan, A., et al. Millennium Russet. 2005. A dual purpose russet potato variety. American Journal of Potato Research. 82(3):211–9. Doi:10.1007/ BF02853587
- Hannapel d., J.; Chen, H.; Rosin, F. M.; Banerjee, K. A.; Davies, J. P. 2004. Molecular controls of tuberization. American Journal of Potato Research 81: 363-274.
- Hans, M. G., Schipper, E., Schipper, J.K. 2007: Netherlands catalogue of potato varieties. Niva, Den Haag.CPRO, Wageningen 2654 pp
- Harris, P. 1992: The Potato Crop: The scientific basis for improvement. Edited by Paul Harris. Chapman and Hall. London. New York. 2nd Edit. 193 pp.
- Hernández Jiménez, A.; Pérez Jiménez, J. M.; Bosch Infante, D. y Castro Speck. 2015. Clasificación de los Suelos de Cuba. N. Ediciones INCA, Cuba. 91 p. ISBN:978-959-7023-77-7
- Herrera, J. L. 1992. Importancia y potencial de la papa en América Latina, HZPC 2000. Catálogo de variedades paperas. Holanda
- Hooker, W.J. 1980. Compendio de enfermedades de la papa. Traducido del inglés por Icochea, T.A. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú.
- Hunt, R. 1978. Plant growth analysis. Edward Arnold Publishers, London. 67 p
- Inostroza, j. Mendel., P. Sotomayor., L. 2009: Calidad de la papa semilla, estado fisiológico del tubérculo y técnica de prebrotación. Manual de papa en la Arica, centro regional Carillanca 15 -26 pp.
- Instituto para la innovación tecnológica en Agricultura (Intagri) 2017. Requerimientos de clima y suelo para el cultivo de la papa. México. En web: www.intagri.com consultado Marzo, 2018.

- Iritani, W. M.; Weller, L. D.; Knowles, N. R. 1983. Relationships between stem number, tuber set and yield of Russet Burbank potatoes. *American Potato Journal* 60: 423-431.
- Jerez, E., Martín, R., Morales, D. y Díaz, Y. 2016. Análisis clásico del crecimiento en tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, 2016, vol. 37, no. 2, pp. 79-87. ISSN impreso: 0258-5936. ISSN digital: 1819-4087. DOI: 10.13140/RG.2.1.4860.0568
- Kawakami, J, Iwamak T, Hasegawa T, Jitsuyama Y. 2003. Growth and yield of potato plants grown from microtubers in fields. *American J. Potato Res.*80: 371-378
- Kooman, P. L., Haverkort, A. J. 1994: Modelling development and growth of the potato crop influenced by temperature and daylength: LINTUL-POTATO. En: A.J.
- Linares C. Milanes. 2012. Influencia del número de tallos en el crecimiento y rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedades Atlas y Romano. Tesis aspirante a Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara.
- López R, Barandalla L, Ritter E, Hasse NU, Galarreta JIR . 2009. Evaluación del valor nutricional de germoplasma nativo de patata para su incorporación en programas de mejora genética. *Revista Latinoamericana de la Papa* 15(1): 55-57.
- López, M.; Vázquez, E. y López, R.1995: Raíces y tubérculos. Editorial Pueblo y Educación. Cuba. 312 pp.
- Lorence, A. 1997. Importancia y potencial de la biotecnología para el cultivo de la papa. Cuadernos de vigilancia de la biotecnología. México: p. 17-21.
- Lulai, E. C. 2004. Proceedings from the symposium: recent advances in the physiology of tuberization and dormancy. *American Journal of Potato Research* 81: 251-252.
- Lynch, D. R.; TAI, G. C. C. 1985. Yield and yield component response of eight potato genotypes to water stress. *Crop Sci.* 29: 1207-1211.

- Mansilla, M., Arribillaga, D., 2013. Antecedentes Técnicos para el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L), en la Región de Aysén. Boletín N° 272. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Tamel Aike. Coyhaique, Chile. 88 p. ISSN 0717 – 4829
- Martín Martín, Roberqui; Jerez Mompie, Eduardo. 2017. EFECTO DE LAS TEMPERATURAS EN EL RENDIMIENTO DE LA PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD ROMANO. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, Cuba. Cultivos Tropicales, vol. 38, núm. 1, 2017, pp. 75-80. ISSN impreso: 0258-5936. ISSN digital: 1819-4087
- Martínez C. 2005. Papa (*Solanum tuberosum* Sw), cosecha, beneficio, y almacenamiento. Caso cubano. 11 p.
- Mayea S., Herrera L., Andréu. C. M.1995. Enfermedades de las plantas cultivadas en Cuba. Editorial Félix Varela. La Habana.
- Méndez, P. 2009. Plantación de papa y efecto de tallo en la producción. Manual de papa en la Aruacania, centro regional carillanca 18 -27 pp.
- Milton P., J.; Allen, S. D. 1995. Breeding Field Crops. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA. 494 p.
- Monroy Leon Paola. 2001. Evaluación de variables agronómicas y fisiológicas en cinco clones avanzados del programa de mejoramiento de papas diploides en dos localidades de Cundinamarca. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.45 p.
- Leiva, M., Yelenys, Portela, Torres, S., Veitía, N, Jiménez, F, Agramonte, D. León, M., Alvarado, Y., Acosta, Muárez, M. Cruz-Martín, C. Sánchez, B. Roque. 2011. Índices fisiológicos asociados al crecimiento de variedades de papa obtenidas por métodos biotecnológicos. *Biotecnología Vegetal Vol. 11, No. 2: 119- 120- , abril - junio*,ISSN 1609-1841.

- Netherlands. 2011. Catalogo holandés de variedades de patata. En sitio web: http://www.aardappelpagina.nl/files/Catalogo_holandes_de_variedades_de_patata_2011_Nivap.pdf. Consultado 23-1-2018
- Nústez, C., Santos, M., and Segura, M. 2009. Dry matter allocation and partitioning of four potato varieties (*Solanum tuberosum* L.) in Zipaquirá, Cundinamarca, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía. Medellín.* 62(1):4823-4834.
- Paul A. Koepsell and Jay W. Pscheidt. 1994 *Pacific Northwest Plant Disease Control Handbook*, Oregon State University Press (1994): p 165.
- Portela, Yelenis, D. 2010. Determinación de índices fisiológicos del crecimiento en variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) obtenidas por métodos biotecnológicos. Tesis aspirante a Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara.
- Pride, W. y Ferrel, O. C.1 997: *Marketing. Conceptos y Estrategias*. Novena edición., edit. Mc. Grau-Hill Interamericana S.A. México. p. 594.
- Pumisacho, M. 2002. Poscosecha. El cultivo de la papa En Ecuador. Pumisacho, M. y Sherwood, S. (Eds). INIAP-CIP 85 pp.
- Punina, A. E. I. 2013. Evaluación agronómica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) C.V. Fripapa, a la aplicación de tres abonos completos [en línea]. Tesis de Diploma, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 70 p. En: sitio web: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/> [Consultado: 19 de diciembre de 2016]
- Roa, S.; Barboza, C. y Zambrano, A. 2010. Estabilidad del rendimiento de variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) para procesamiento industrial en el estado Táchira, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. vol. 27, pp. 173-192. ISSN: 0378-7818.
- Rodríguez, Katia. 2013: Evaluación de variedades de papa (*Solanum tuberosum* L) nacionales y foráneas, multiplicadas por métodos biotecnológicos, en condiciones de la UEB Liberación de Remedios. Tesis

- aspirante a Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara.
- Rodríguez, L., G. Corchuelo y C.E. Núñez. 2003. Influencia del espaciamiento entre plantas sobre la morfología y el crecimiento de la papa *Solanum tuberosum* L. cv. Parda pastusa) bajo dos ambientes contrastantes. *Agronomía Colombiana* 21(3): 210-219
- Rothman, S., Tonelli, B. 2010. Cultivo de papa. Universidad Nacional de Entre Ríos. Cátedra Horticultura, Facultad de ciencias agropecuarias, p.21.
- Salomón, J., Castillo, J., Arzuaga, J., Torres, W., Caballero, A., Varela, M. y Hernández, V. M. 2015. Análisis de la interacción progenie-ambiente con minitubérculos a partir de semilla sexual de papa (*Solanum tuberosum*, L.) en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 2015, Vol. 36, no. 2, pp. 83-89, abril-junio. ISSN impreso: 0258-5936. ISSN digital: 1819-4087.
- Santos, Marcela. 2010. Evaluación del crecimiento, desarrollo y componentes de rendimiento de cuatro cultivares de papa criolla en dos localidades del departamento de CUNDINAMARCA. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía, Escuela de posgrado Bogotá D.C.
- Santos, M.; Segura, M.; Núñez, C.E. 2010. Análisis de Crecimiento y Relación Fuente-Demanda de Cuatro Variedades de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Municipio de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia) *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* 63(1): 5253-5266
- Scheaffer, R.; Mendenhall, W. y Ott, L. 1987. *Elementos de Muestreo*. Grupo Editorial Iberoamérica.
- Torres, S., Cabrera, J. L., Hernández, M., Portela, Yelenny Díaz y García, E. 2012. El número de tallos por plantón afecta el crecimiento y rendimiento de la papa variedad Cal White. *Centro Agrícola*, 39(1): 11-16; enero-marzo.
- Solis, S.; Vanegas, C. L.; Méndez, Ú. J.; Cadenas, V. W.; Castro, B. M.; Pavón, W. y Alemán, B. 2015. "Comportamiento de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en zonas de poca altitud de clima cálido en

- Nicaragua". Revista Latinoamericana de la Papa, vol. 18, no. 1., pp. 157-171, ISSN 1853-4961.
- Sotomayor, L., Inostroza, J., Mendel, P. 2009: Botánica y morfología de la papa. Manual de papa en la Arica, centro regional carillanca 7 -12 pp.
- Torres, W. 1980: Relación entre el porcentaje de almidón y el porcentaje de materia seca, masa seca en tubérculos de papa var. Desireé. Cultivos Tropicales, 2: 135-145.
- Vander Zaag, D. E. 1987. La papa de siembra, fuente de suministro y forma de utilizarla. Instituto Holandés de consulta sobre la patata. La Haya. Holanda.
- Vázquez, Edith., Torres, S. 2006. Fisiología Vegetal II. Editorial Félix Varela. Tercera edición. Ciudad de la Habana. p. 451.
- Weldt, M. 1996. Evaluación de calidad culinaria y organoléptica de variedades y líneas de papa (*Solanum tuberosum* L. Ssp *Tuberosum* Hawkes). Tesis Ingeniero Agrónomo. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias, p. 123.
- Wiersema, S. 1981. Efecto de la densidad del tallo en producción de papa boletín de información técnico 1, Centro internacional de la papa, Lima, Perú 4-9 pp.
- WISSAR, R.; ORTIZ, R. 1987. Mejoramiento de la papa en el CIP por adaptación a climas cálidos tropicales. De Tecnología Especializada N° 22. Lima, Perú.
- Zvomuya, J.; Rosen, C. J. 2002. Biomass partitioning and nitrogen use efficiency of 'Superior' potato following genetic transformation for resistance to Colorado potato beetle. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127: 703-709.

8. Anexos

Anexo 1. Principales características de las variedades más utilizadas en la producción de papa en Cuba

Variedad	Antocianina en tallo	Color de piel	Profundidad de ojos	Madurez-Dormancia	Masa seca (%)
Ajiba	Ligera	Amarillo	Media	Medio-Temprana	Alta (17)
Aurea	Muy Ligera	Amarillo	Superficial	Medio-tardía	Alta (19)
Atlas	Ligera	Amarillo Ovalado Alargado	Superficial	Medio-Superficial Larga	Baja (16) Medio-Larga
Barna	Fuerte	Roja	Superficial	Medio Tardía	Medio (17)
Burren	Ligera	Amarillo	Superficial	Medio-Larga	Baja (16)
Cal White	Ligera	Amarillo	Superficial	Temprana	Medio (17)
Daifla	Ligera	Amarillo claro	Superficial	Medio-Tardía	Medio (17)
Everest	Ligera	Amarillo	Media	Medio-Temprana	Baja (16)
Electra	Muy Ligera	Amarillo	Superficial	Medio- tardía	Medio (17)
Faluka	Muy ligera	Amarillo	Superficial	Medio-temprana	Bajo (16)
Florice	Ligera	Amarillo	Superficial	Temprana	Medio (17)
Romano	Fuerte	Roja	Media	Medio-tardía	Medio (17)
Royal Santana	Mediana Muy Ligera	Amarillo Amarillo	Superficial Superficial	Medio- tardía Medio-tardía	Alto (19) Alto (20)
Safari Spunta	Ligera Ligera	Amarillo Amarillo	Superficial Superficial	Medio- tardía Medio-Tardía	Alta (18) Bajo (16)
Ultra	Mediana a ligera	Amarillo	Superficial	Medio-Temprana	Medio (17)

Anexo 2. Número de riegos y norma de riegos empleados en ambos cultivares (Faluka y Romano) por cada cuadrante de la máquina

Riego	Fecha	Norma Neta
Primer cuadrante		
Mine	29-12-2017	10mm
Lluvia	9-1-2018	18mm
Lluvia	10-1-2018	19mm
Lluvia	16-1-2018	15mm
Lluvia	17-1-2018	10mm
Rotura	19-1-2018	No se pudo efectuar riego de fijación al herbicida
1er Riego/Lluvia	23-1-2018	20mm/10mm
Lluvia	25-1-2018	32mm
2do Riego	11-2-2018	20mm
3er Riego	17-2-2018	12mm
Lluvia	22-2-2018	5mm
Lluvia	30-2-2018	6mm
4to Riego	1-3-2018	15mm
5to Riego	5-3-2018	20mm
6to Riego	8-3-2018	15mm
Lluvia	12-3-2018	23mm
7mo Riego	14-3-2018	15mm
8vo Riego	21-3-2018	15mm
9no Riego	24-3-2018	15mm
10mo Riego	29-3-2018	20mm
Segundo cuadrante		
Mine	30-12-2017	10mm
Lluvia	9-1-2018	18mm
Lluvia	10-1-2018	19mm
Lluvia	16-1-2018	21mm
Lluvia	17-1-2018	10mm

Rotura	19-1-2018	No se pudo efectuar riego de fijación al herbicida
Lluvia	23-1-2018	10mm
1er Riego	24-1-2018	20mm
Lluvia	25-1-2018	32mm
2do Riego	12-2-2018	20mm
3er Riego	19-2-2018	12mm
Lluvia	22-2-2018	5mm
4to Riego	26-2-2018	15mm
Lluvia	30-2-2018	6mm
5to Riego	3-3-2018	20mm
6to Riego	9-3-2018	15mm
Lluvia	12-3-2018	23mm
7mo Riego	15-3-2018	15mm
8vo Riego	18-3-2018	15mm
9no Riego	22-3-2018	15mm
10mo Riego	26-3-2018	20mm

Tercer cuadrante

Mine	31-1-2018	10mm
Lluvia	9-1-2018	18mm
Lluvia	10-1-2018	19mm
Lluvia	16-1-2018	15mm
Lluvia	17-1-2018	10mm
Rotura	19-1-2018	No se pudo efectuar riego de fijación al herbicida
Lluvia	23-1-2018	10mm
1er Riego	24-1-2018	20mm
Lluvia	25-1-2018	32mm
2do Riego	10-2-2018	20mm
3er Riego	14-2-2018	20mm
4to Riego	20-2-2018	12mm

Lluvia	22-2-2018	5mm
5to Riego	27-2-2018	15mm
6to Riego	6-3-2018	20mm
Lluvia	12-3-2018	23mm
7mo Riego	12-3-2018	15mm
8vo Riego	19-3-2018	15mm
9no Riego	23-3-2018	15mm
10mo Riego	27-3-2018	20mm
<hr/>		
	Cuarto cuadrante	
Mine	2-12-2017	10mm
Lluvia	9-1-2018	18mm
Lluvia	10-1-2018	19mm
Lluvia	16-1-2018	15mm
Lluvia	17-1-2018	10mm
Rotura	19-1-2018	No se pudo efectuar riego de fijación al herbicida
Lluvia	23-1-2018	10mm
Lluvia	25-1-2018	32mm
1er Riego	Rotura	
2do Riego	10-2-2018	20mm
3er Riego	15-2-2018	20mm
4to Riego	21-2-2018	12mm
Lluvia	22-2-2018	5mm
5to Riego	28-2-2018	15mm
Lluvia	30-2-2018	6mm
6to Riego	7-3-2018	20mm
Lluvia	12-3-2018	23mm
7mo Riego	13-3-2018	15mm
8vo Riego	20-3-2018	15mm
9no Riego	28-3-2018	20mm
<hr/>		

Anexo 3. Productos fitosanitarios

Productos	Dosis	Fecha
<i>Bacillus thuringiensis</i>	2 kg ha ⁻¹	23/1/18
<i>Beauveria bassiana</i>	1,5 kg ha ⁻¹	23/1/18
FitoMas-E	3,5 l ha ⁻¹	16/2/18
Cosmos SC 62,5	3 l ha ⁻¹	6/2/18
BayFolan Forte	2 kg ha ⁻¹	2/3/18
Dilan	1,5 l ha ⁻¹	22/3/18