



**UNIVERSIDAD  
DE CIENFUEGOS**  
CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ

**Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero Agrónomo.**



**Título: Comportamiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad “Santana” en un suelo Pardo Grisáceo de la Empresa Cítrico Arimao, Cumanayagua, Cienfuegos**

**Autor: Edeniél Quintana Salgado**

**Tutores: MS.C. Erislandy J. Becerra Fonseca.**

**Dr.C Lázaro J. Ojeda Quintana.**

**Curso 2021**

**EMPRESA CITRICO ARIMAO  
CUMANAYAGUA CIENFUEGOS**

Cumanayagua, 28 de julio 2021  
"Año 63 de la Revolución"

**AVAL**

Resulta de gran importancia incrementar nuevas áreas para la producción de papa en diferentes zonas del país, por ello, la Empresa Cítrico Arimao de Cumanayagua se propuso evaluar el comportamiento de este cultivo en las condiciones de un suelo Pardo grisáceo, sin antecedentes de haber plantado este tubérculo con anterioridad, para lo cual ha llevado a cabo dos campañas paperas en el periodo: 2019-2020 y 2020-2021.

Durante las campañas el equipo técnico de la Empresa Cítrico Arimao de Cumanayagua estuvo acompañado por profesores del Centro Universitario Municipal de Cumanayagua, la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Cienfuegos y el Proyecto PIAL en la evaluación técnica y seguimiento de la plantación con participación directa en las actividades de campo.

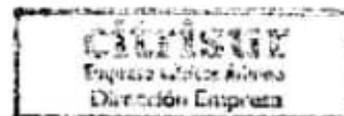
El estudiante de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Cienfuegos Edeniel Quintana Salgado desarrolló su Tesis de pregrado: *"Comportamiento de la papa (Solanum tuberosum L.), variedad "Santana" en un suelo Pardo Grisáceo de la Empresa Cítrico Arimao, Cumanayagua, Cienfuegos en la campaña 2019-2020 en opción al Título de Ingeniero Agronomo."*

El estudiante participó activamente en las dos campañas paperas, tanto en las actividades investigativas, mediciones y registro de datos, propias de su tesis, como en la atención técnica al cultivo, colaborando con los técnicos y obreros en las diferentes atenciones culturales y la cosecha del tubérculo. Aportó conocimientos e intervino en las actividades de capacitación realizadas durante el periodo y en todas las evaluaciones técnicas realizadas.

La Dirección de la Empresa reconoce la contribución realizada por el estudiante y sus tutores en los resultados obtenidos en las dos campañas de papa anteriormente mencionadas.

Y para que así conste, firma la presente

  
**Ing. Raudel Rubio Rodríguez.**  
**Director Empresa Cítrico Arimao Cumanayagua.**



## **Resumen**

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el comportamiento de la variedad holandesa de papa “Santana”, plantada en áreas de producción de la Empresa Cítrico “Arimao”, del municipio de Cumanayagua, Cienfuegos, Cuba. Se utilizó un diseño de bloques al azar con dos tratamientos (Tubérculos madre, Calibre II, 35-45 mm y Calibre III, 45-55 mm) y cinco réplicas, en parcelas 22.5 m<sup>2</sup>. Durante el ciclo del cultivo se evaluó la emergencia de los tubérculos semilla, número de tallos por plantón y su altura, momento de la floración. Fueron registradas las temperaturas máximas, mínimas y media y se determinó la amplitud de las mismas. La cosecha del experimento fue de forma manual a los 84 días después de la plantación. Se calculó el rendimiento total en t.ha<sup>-1</sup>. Los resultados se procesaron estadísticamente mediante un ANOVA, y se empleó la prueba de Duncan mediante el uso del programa estadístico Statgraphics Cent.16. La emergencia de los tubérculos semilla a los 21 días alcanzó el 95 %, el número de tallos por plantón mostró diferencias significativas entre los dos calibres y repercutió en la densidad real del cultivo. La temperatura media ambiental posterior a la plantación superó los 25 °C, con una amplitud durante todo el ciclo del cultivo por debajo de los 10 °C. La mayor cantidad de tubérculos fue cuantificada por plantón, mientras que disminuyó por tallos. El rendimiento alcanzado sobrepasó las 22 t.ha<sup>-1</sup>, sin diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Palabras clave: variedades de papa, comportamiento agronómico, rendimiento.

## **ABSTRACT**

The present work was carried out with the objective of evaluating the behavior of potato's Dutch variety "Santana", planted in areas of production of the Citric fruit "Arimao", Enterprise of the municipality of Cumanayagua, Cienfuegos, Cuba. A design of blocks was used at random with two treatments (Tubers mother, Caliber II, 35-45 mm and Caliber III, 45-55 mm) and five replications, in parcels 22.5 m<sup>2</sup>. During the cycle of the cultivation was evaluated: the emergency of the tubers seed, number of shafts for graft and its height, moment of the flowering. They registered the maximum, minimum and half temperatures. The width of the same ones was determined. The crop of the experiment was carried out from a manual way to the 84 days after the plantation. The total yield was calculated in t.ha<sup>-1</sup>. The results were processed statistically by means of an ANOVA, and the test of Duncan was used by means of the use of the statistical program Statgraphics Cent.16. The emergency of the tubers seed to the 21 days reached 95 %, the number of shafts for graft it showed significant differences among the two calibers, and it rebounded in the real density of the cultivation. The later environmental half temperature to the plantation overcame the 25 °C, with a width during the whole cycle of the cultivation below the 10 °C. The biggest quantity in tubers was quantified by graft, while it diminished for shafts. The reached yield overcame the 22 t.ha<sup>-1</sup>, without differences statistics among the treatments.

**Key words:** potatoes varieties, agronomic behavior, performance.

**AL VENIR A LA TIERRA TODO HOMBRE TIENE DERECHO A QUE SE  
EDUQUE Y DESPUÉS EL DEBER DE CONTRIBUIR A LA EDUCACIÓN DE LOS  
DEMÁS**

**JOSÉ MARTÍ**

## INDICE

	<b>Pág.</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>6</b>
<b>Capítulo 1. Revisión bibliográfica.....</b>	<b>10</b>
<b>Capítulo 2. Materiales y métodos.....</b>	<b>30</b>
<b>Capítulo 3. Resultados y Discusión.....</b>	<b>36</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>49</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>50</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>51</b>

## Introducción

El cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) tiene gran importancia a nivel mundial, constituye el cuarto producto más cultivado y el primero no cerealero, siendo producido y consumido en más de 100 países, con más de la mitad de estas sembradas en países no desarrollados, convirtiéndose en un valioso producto comercial para miles de agricultores de bajos ingresos y en un cultivo recomendado para garantizar la seguridad alimentaria de los consumidores más vulnerables (FAOSTAT, 2008).

*S. tuberosum* es un cultivo que ha ganado considerable importancia en las últimas décadas. Aunque se originó en América, se cultiva en Europa, Asia y África. China es el mayor productor de este tubérculo (FAOSTAT, 2010). Es uno de los cultivos más importantes para la producción de alimentos. Tal vez ningún otro en la historia contemporánea ha jugado un papel más importante en la seguridad alimentaria y la nutrición con un impacto en el bienestar social de las personas (Sarkar, 2008).

La papa es una valiosa herramienta en la lucha contra el hambre y la pobreza, que es una de las razones por lo que la ONU declaró el 2008 como Año Internacional de la Papa. Este evento atrajo la atención hacia el papel crucial que la “humilde papa” tiene en la agricultura, la economía y la seguridad alimentaria del mundo (Devaux et al., 2010).

Se encuentra entre los diez alimentos más importantes producidos en los países en vías de desarrollo (FAOSTAT, 2013). Según las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), indican que a nivel mundial se sembraron casi 17,8 millones de hectáreas del cultivo *S. tuberosum*, con una producción cercana a 352,4 millones de toneladas y rendimiento promedio de 19,81 t.ha<sup>-1</sup> en el año 2011 (FAOSTAT, 2013). Más de 1 billón de personas en todo el mundo comen papa, y la producción total excede los 300 millones de toneladas métricas, de igual forma una gran cantidad de estas producciones se comercializan a diferentes regiones del mundo, distantes una de otras. Se destaca actualmente el comercio en países de Europa.

La papa es un cultivo de gran valor nutritivo y medicinal (Arcos & Zúñiga, 2016). El suministro promedio anual de papa en la región de América Latina y el Caribe (LAC) aumentó de 7,2 a 19,6 millones de toneladas en los años 1961-1963 y 2011-2013 respectivamente (Devaux, 2018).

Se cultiva en más de 130 países del mundo cubriendo un área mayor de 18 millones de hectárea con una producción anual de 315 millones de toneladas, superada solamente por tres cultivos: trigo, arroz y el maíz, representando la mitad de la producción mundial de raíces y tubérculos (MINAG, 2019a).

El cultivo de la papa es un tubérculo de gran demanda por la población cubana por sus aportes en proteínas, minerales y vitaminas, de ahí que años atrás se le denominara la reina de las viandas. En Cuba desde el año 1983 hasta la campaña 2018-2019 se han plantado aproximadamente 12 mil 440,60 ha, con un rendimiento promedio de 19 t.ha<sup>-1</sup>, siendo la campaña 2001-2002 récord con 25,9 t.ha<sup>-1</sup>, aunque los rendimientos del cultivo de la papa en Cuba, aún se mantienen bajos a pesar que se piden superar las 17,1 t.ha<sup>-1</sup>, en áreas sembradas con semilla nacional y 22,5 t.ha<sup>-1</sup> con importadas (MINAG, 2019a).

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, antes mencionados, sino por las potencialidades que le permiten producir altos volúmenes de producción por unidad de superficie. Es por ello 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. Cuba tiene un reto por delante, lograr incrementos en la producción y calidad de la papa, como uno de los principales alimentos (Dencás, 2019).

La provincia de Cienfuegos al cierre de la Campaña 2018-2019 obtuvo 8 mil 114,5 t y un rendimiento promedio de 21,35 t.ha<sup>-1</sup> (MINAG, 2019b). Resulta de importancia estratégica incrementar nuevas áreas para la producción de este tubérculo en diferentes zonas del país y monitorear técnicamente las áreas incorporadas, lo que fundamenta el tema de investigación seleccionado, y le imprime novedad científica de mercado alcance. Lo anteriormente expuesto permite plantear el siguiente problema científico:

### **Problema científico**

Se desconoce el comportamiento fenológico y el rendimiento de la variedad de papa “Santana” plantada en un suelo Pardo grisáceo de la Empresa Cítrico Arimao, municipio de Cumanayagua.

### **Hipótesis científica**

La variedad de papa “Santana” plantada en un suelo Pardo grisáceo de la Empresa Cítrico Arimao, municipio de Cumanayagua sin antecedentes de este cultivo alcanzará un completo desarrollo fenológico y un rendimiento cercano a la media histórica nacional de 19 t.ha<sup>-1</sup>

### **Objetivo general**

Evaluar el comportamiento de la variedad de papa Santana en las condiciones de un suelo Pardo grisáceo de la Empresa Cítrico Arimao, municipio de Cumanayagua.

### **Objetivos específicos:**

1. Registrar el comportamiento de variables agromorfológicas en el desarrollo de las plantas.
2. Evaluar la incidencia de la temperatura y pluviometría en el rendimiento productivo de la variedad.
3. Cuantificar el rendimiento y la estructura de la producción de la variedad de papa Santana en las condiciones de la Empresa Cítrico Arimao.

## Capítulo I: Revisión bibliográfica

### 1.1. Generalidades del cultivo de la papa.

#### 1.1.1 Origen de la papa.

Basándose en la biología evolucionista y apoyado en investigaciones serológicas, morfológicas y citológicas, Hawkes (2000) afirmó que todas las especies primitivas de papa, se encuentran confinadas en México, el suroccidente de los Estados Unidos y Guatemala, pudiendo ser esta área el origen de las especies silvestres de papa. De acuerdo con la hipótesis de Vavilov, (1951) citada por (Ochoa, 1999), el lugar o centro de origen de una especie cultivada coincide con el área en donde la población de dicha especie presenta la máxima variabilidad genética, así como un marcado endemismo fitogeográfico. La mayor variabilidad de especies de papa cultivadas está presente en las altas regiones montañosas comprendidas entre el Cuzco y el Lago Titicaca, al sudeste del Perú. En este orden de ideas, esta región podría considerarse como el centro de origen del cultivo de la papa (Montaldo, 2014).

La papa es originaria de los Andes peruanos (recientemente se demostró que este es el único origen de la papa cultivada), donde era la base alimenticia de los habitantes del altiplano. Los españoles la descubrieron en Colombia, Perú, Bolivia y el noroeste de Argentina en 1524. Se señala que la introducción a Europa ha sido probablemente desde el norte de Colombia en 1565 (Caldiz, 2006).

Fue domesticada hace 7, 000 años por los habitantes de la región Andina que la usaban en su dieta diaria como fuente de carbohidratos. Los españoles la llevaron a Europa como una curiosidad botánica, con el paso del tiempo se volvió popular en todo el mundo (Muñoz, 2010). Aunque el número total de especies reconocidas es de alrededor de 200 entre silvestres y cultivadas (Hawkers, 2001), son muy pocas las que presentan mayor interés para ser producidas (Quiroz, 2012). El centro de origen de las especies silvestres para fines de mejora genética se sitúa en Argentina, Bolivia, México y Perú (Hijmans & Spooner, 2001).

El nombre científico es *Solanum tuberosum* L, nombre con el que fue registrada por primera vez en 1596 por Gaspar Bauhin en Phytopinax y luego adoptada por Carlos Linneo

en 1753 en *Species Plantarum*. Las variedades conocidas como “papa de año” en Colombia, corresponden a *Solanum tuberosum* L. subespecie Andigena, y las variedades “papa criolla” pertenecen a la especie *Solanum phureja*.

Existe un gran número de especies de papa, pero en la producción comercial se emplean principalmente las dos subespecies de *S. tuberosum* (Humán, 2007). La taxonomía del cultivo es la siguiente:

- Tipo: Spermatophyta
- Clase: Angiospermas
- Subclase: Dicotiledonea
- Orden: Tubbiflorae
- Familia: Solanaceae
- Género: *Solanum*
- Especie: *S. tuberosum*
- Subespecies: andigenum, tuberosum

*S. tuberosum* subsp. andigenum es nativa de los Andes del Perú y se distribuye desde Venezuela hasta el norte de Argentina (Hawkes, 1990).

Las diferencias morfológicas entre las dos subespecies de *S. tuberosum* son muy pequeñas. La principal de ellas es que *S. tuberosum* subsp. andigenum depende de un fotoperiodo corto para tuberizar. *S. tuberosum* subsp. tuberosum, tiene plantas, hojas y tubérculos más grandes, por esta razón se cultiva más (Hawkes, 1990 y 1994). Además de estas diferencias morfológicas, ambas subespecies se hallan netamente diferenciadas a nivel genético, tanto a nivel del genoma cloroplástico como nuclear (Hosaka & de Zoeten, 2008).

La papa es una dicotiledónea herbácea con hábitos de crecimiento rastrero o erecto, generalmente de tallos gruesos y leñosos, con entrenudos cortos. Su crecimiento promedio es de un metro y produce un tubérculo con tan abundante contenido de almidón que ocupa el cuarto lugar mundial en importancia como alimento, después del maíz, el trigo y el arroz. La papa pertenece a la familia de floríferas solanáceas, del género *Solanum*, formado por otras mil especies por lo menos, como el tomate y la berenjena. La especie *S. tuberosum* se divide en dos subespecies apenas diferentes, la Andigena, adaptada a condiciones de días

breves, cultivada principalmente en los Andes, y tuberosum, la variedad que hoy se cultiva en todo el mundo y se piensa que descende de una introducción en Europa de papas Andígena, posteriormente adaptadas a días más prolongados (FAOSTAT, 2008).

El tallo es erecto y cilíndrico en las primeras etapas y luego se torna anguloso. Es de bajo porte (hasta 1 m de altura) y el sistema radical es fibroso y muy ramificado. La mayor proporción de raíces se encuentran entre 30 y 50 cm de profundidad. Las raíces adventicias se desarrollan a partir de los tallos subterráneos y no del tubérculo semilla (Rodríguez, 1990).

Las hojas son compuestas, imparipinnadas, con 3-4 pares de folíolos y 2 estípulas en la base del pecíolo. La inflorescencia es una cima terminal con flores de la corola de color blanco al púrpura, hermafrodita, de fecundación autógama. La floración presenta grandes variaciones según los cultivares, es casi nula en algunos y muy abundante en otros. El fruto es una baya bilocular, de 2-3 cm de diámetro, con 200-300 semillas. La semilla se usa en fitotecnia, si bien se está trabajando para lograr emplearla como órgano de iniciación en cultivos de producción comercial en zonas tropicales mesotérmicas (Rodríguez, 1990; Parra, 2003; Granitto, 2019).

Los tallos y las hojas se encuentran por encima del suelo, y son los órganos de los cuales depende la fotosíntesis de la planta, ya que su tamaño y forma determinan la capacidad de la planta para sintetizar carbohidratos para su crecimiento y desarrollo de los tubérculos. Las flores y frutos solo tienen importancia en el mejoramiento genético para la creación de nuevas variedades, pues en el cultivo comercial solo se utilizan los tubérculos o trozos de tubérculos más grandes como semilla. Por debajo del nivel del suelo se encuentran los estolones, que son tallos laterales a partir de los cuales se forman los tubérculos que son tallos modificados para el almacenamiento de reservas, principalmente de almidón y finalmente las raíces adventicias responsables de la absorción del agua y nutrientes desde el suelo y del anclaje de la planta (Parra, 2003).

La papa es altamente susceptible a heladas y crece bien en climas fríos o templados. Requiere una estación de crecimiento con un largo mínimo de 3 a 4 meses, en la que las temperaturas no sean demasiado altas, ni demasiado bajas. En las regiones frías se cultiva durante el verano y durante el invierno en las regiones cálidas. Cerca del ecuador, donde no

existe estación fresca a nivel del mar, las papas con frecuencia se plantan en áreas de elevada altitud (Aldabe & Dogliotti, 2006), en general más arriba de los 2000 msnm.

Debido a su baja densidad radicular, es una especie de alta respuesta a la aplicación de fertilizantes, ya que presenta una gran demanda de nutrientes primarios como nitrógeno, fósforo y potasio, además de otros secundarios como calcio, magnesio y azufre y una serie de micro elementos como boro, zinc, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y cloro (López et al., 1995).

El tubérculo de la papa es el producto final del proceso de crecimiento y desarrollo de la planta y al mismo tiempo el punto inicial de una nueva planta. La planta de papa esta potencialmente capacitada para producir tubérculos a partir de sus estolones o de las yemas axilares, cuando percibe del ambiente señales de que se aproxima el invierno o la estación desfavorable para el crecimiento, siempre y cuando la planta se encuentre en un ambiente apropiado para la inducción primero y para el desarrollo del tubérculo después (Gámez, 2017).

El tubérculo es a la vez, órgano de producción y de propagación. Se forma por engrosamiento de tejidos subapicales de rizomas (mal llamados estolones) de crecimiento horizontal y subterráneo, originados en yemas subterráneas de los tallos. Constituye un tallo engrosado, de entrenudos cortos y hojas reducidas a escamas, las que al caer dejan una cicatriz prominente (“ceja” u “hombro”) y en cuya axila se encuentran yemas múltiples (“ojo”), que al brotar originan los tallos de la nueva planta. Los ojos aparecen en mayor cantidad en el extremo apical del tubérculo (Rodríguez, 1983; Granitto, 2019).

La planta de *S. tuberosum* L posee un tallo principal y a veces varios de ellos, según el número de yemas (grellos) que hayan brotado del tubérculo. Éstos son de sección angular y en las axilas de las hojas con los tallos se forman ramificaciones secundarias. 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 o 4 pares laterales y una terminal. Las flores se reúnen en inflorescencias cimosas en las extremidades del tallo. Su fruto es una baya redondeada de color verde que se torna amarilla al madurar, con más de 200 semillas medio blancas y aplanadas (Gámez, 2017).

En la papa, el tubérculo procede del ensanchamiento de tallos subterráneos. El tubérculo se desarrolla precisamente en el extremo opuesto de la inserción del estolón tuberífico. La forma del tubérculo depende de la variedad, el suelo y del clima y puede ser alargada, ovalada y redondeada. La masa feculenta puede ser amarilla o blanca, aunque también existen variedades rojas o violetas. Sin embargo, son las papas de masa amarilla y blanca las más apetecidas por el hombre (Gámez, 2017).

En la superficie del tubérculo aparecen las yemas (ojos). Estas son más numerosas en el extremo del tubérculo más distante de la inserción de este con el tallo, que se denomina corona y en la que se observa una depresión redondeada. Estos ojos o yemas están dispuestos en espiral. Investigaciones realizadas demuestran que algunas semanas después de la emergencia de las plantas de papa, se inicia el crecimiento del tubérculo y que una vez que se haya establecido la relación entre los tubérculos jóvenes en el desarrollo y el follaje, el crecimiento de estos se produce a un ritmo más o menos constante, el cual no solo depende de la duración del día, la temperatura, etc.; sino también de la disponibilidad de agua (López et al., 1995).

El sistema radical de la papa no presenta raíz principal que se destaque de las restantes, la mayor parte de ellas se desarrollan profundo. Esta característica depende de la composición genética de la variedad y de la coyuntura agroclimática. La extrema proximidad de las raíces a la superficie del suelo debe tenerse en cuenta en la labranza. Las labores profundas pueden ser muy destructivas para las raíces y trastornar el equilibrio entre la raíz y la parte aérea, lo que da como resultado un decrecimiento notorio en la producción (Gámez, 2017).

Las hojas compuestas de la planta de papa producen el almidón que se desplaza hacia la parte final de los tallos subterráneos, también llamados estolones. Estos tallos sufren en consecuencia un engrosamiento y así se producen hasta 20 tubérculos cerca de la superficie del suelo, López et al. (1995). El número de tubérculos que llegan a madurar depende de la disponibilidad de humedad y nutrientes del suelo. El tubérculo puede tener formas y tamaños distintos y por lo general llega a pesar hasta 300 gramos.

Al terminar el período de crecimiento, las hojas y tallos de la planta se marchitan y los tubérculos se desprenden de los estolones. A partir de este momento, los tubérculos funcionan como depósito de nutrientes que permiten a la planta subsistir en el frío y

posteriormente reverdecer y reproducirse. Recién cosechado un tubérculo contiene un 80% de agua y un 20% de materia seca, la mayoría almidón (López et al., 1995).

### **1.1.2. Fases de desarrollo vegetativo del cultivo de la papa**

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

Primer periodo: Desde la plantación del tubérculo hasta su emergencia, 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 (Granitto, 2019).

El desarrollo de la planta comienza a partir de los tubérculos usados como semilla, que tienen una alta concentración de inhibidores del crecimiento que impiden que las yemas broten. La relación entre inhibidores y promotores del crecimiento va variando gradualmente, de acuerdo con la variedad y las condiciones ambientales a las que estén almacenados, pasando por etapas de dormancia y brotación apical en un proceso que puede tomar varios meses (Portela, 2010).

En el estado de brotación, la yema apical comienza a emerger, y si en este periodo, los tubérculos son plantados y cuentan con buenas condiciones de humedad y temperatura, la yema apical crecerá y se desarrollará rápidamente, produciéndose por cada tubérculo semilla un solo tallo, que luego se ramificará intensamente. Si los tubérculos no son plantados durante esta etapa, las demás yemas empezaran su desarrollo entrando a un estado de brotación múltiple, en el que al realizarse la siembra, los tubérculos dan origen a varios tallos cada uno, generando una densidad de siembra mucho mayor que en el estado de brotación apical (Gámez, 2017).

Si aún no se realiza la siembra, el número de inhibidores de crecimiento va disminuyendo a la vez que aumenta la actividad metabólica y los tubérculos perderán calidad como semilla (Aldabe & Dogliotti, 2006).

Después de la plantación o aun antes, el tubérculo semilla, desarrolla brotes y raíces. Si el tubérculo semilla ha desarrollado brotes antes de plantación, formara inmediatamente raíces

y la emergencia se acelera. La humedad del suelo es necesaria para la formación de raíces y el temprano crecimiento de la planta. Baja humedad y baja temperatura retrasan la emergencia. Después que la emergencia ocurre, la parte aérea y las raíces se desarrollan simultáneamente (Portela, 2010).

El crecimiento de los tubérculos puede partir lentamente de 2 a 4 semanas después de la emergencia y continúa en forma constante a través de un largo periodo. En las primeras etapas del desarrollo el crecimiento de la planta es sostenido por las reservas acumuladas en el tubérculo. La gran cantidad de reservas que este contiene permite que en condiciones óptimas de temperatura la expansión del área foliar sea muy rápida. Al irse consumiendo las reservas y aumentando el área foliar fotosintéticamente activa, está pasa a ser la fuente principal de asimilados (Parra, 2003).

Segundo periodo: Desde la emergencia del tubérculo hasta que los tubérculos alcanzan un diámetro de 0,5 cm. Durante este periodo 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 (Gámez, 2017; Granitto, 2019).

El crecimiento del follaje es el resultado de la ramificación y aparición de las hojas, así como del crecimiento de cada una de ellas. La cantidad de ramificaciones y por lo tanto 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, proceso que está relacionado directamente con la temperatura. Cuando los tallos principales de la planta tienen un desarrollo suficiente, las yemas subterráneas del tallo que están más cerca del tubérculo madre brotan originando los estolones. Estos tallos subterráneos crecen en longitud hasta que reciben estímulos para iniciar la tuberización. Al iniciar la tuberización cesa el crecimiento en longitud y se ensancha la región subapical del estolón. En el inicio se agranda solamente la región subapical de la punta del estolón (Portela, 2010).

El cultivo de papa en condiciones óptimas de crecimiento puede llegar a cubrir totalmente el suelo 40 o 45 días después de la emergencia. Un excesivo desarrollo de follaje está relacionado con un desarrollo tardío de tubérculos, mientras que el desarrollo temprano presenta un follaje menos abundante (Contreras, 2009).

Tercer periodo: 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 (Gámez, 2017; Granitto, 2019).

La expansión radical del tubérculo, la punta en forma de gancho del estolón se endereza y la yema apical del estolón queda situada en la posición terminal del tubérculo joven. En esta fase, todo el proceso fotosintético debe traducirse en acumulación de hidratos de carbono en los tubérculos, y en proveer la energía para la respiración, lo que se traduce en un incremento del tamaño de los tubérculos. La producción en este periodo, está determinada por la fotosíntesis por unidad de área foliar, la radiación, la tasa de respiración del cultivo, la concentración de dióxido de carbono en las hojas y el porcentaje de hidratos de carbono transportados a los tubérculos (Hernández, 2013).

Cuarto periodo: 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 (Gámez, 2017; Granitto, 2019).

Cuando el crecimiento del follaje comienza a ser más lento y la tasa de senescencia de las hojas se incrementa, el follaje alcanza su máximo tamaño y comienza a declinar. En este momento estamos en la fase de máximo crecimiento de los tubérculos. Si la estación de crecimiento es lo suficientemente larga, el follaje muere totalmente en forma natural y sus azúcares y nutrientes minerales son removilizados y transportados hacia los tubérculos. El crecimiento de los tubérculos continúa hasta que el follaje está casi totalmente muerto. Al final del ciclo la mayoría del total de la materia seca producida por el cultivo se encuentra

en los tubérculos. La muerte de la parte aérea del cultivo puede ser natural, debido a una helada, debido a enfermedades o plagas, o provocada artificialmente (Aldabe & Dogliotti, 2006).

Desde el punto de vista del uso de los asimilados disponibles, se pueden utilizar tres fases para clasificar el desarrollo del cultivo. La primera etapa va desde la plantación hasta el inicio de la tuberización, donde los tubérculos ya contienen al menos 1 gramos de materia seca. En esta etapa los asimilados se destinan al crecimiento de hojas, tallos, raíces y hacia el final de la etapa también de los estolones. Desde la plantación y hasta que cada planta tiene de 200 - 300 cm<sup>2</sup> de área foliar, la fuente principal de asimilados son los almacenados en el tubérculo semilla, y luego por el resto del ciclo del cultivo, los producidos por el área foliar y tallos aéreos (Gámez, 2017).

La segunda etapa va desde el inicio de la tuberización hasta el fin del crecimiento del follaje. En esta etapa los asimilados disponibles se comparten entre el crecimiento del área foliar y el crecimiento de los tubérculos y estolones. A lo largo de esta segunda etapa, en la medida que se inician cada vez más tubérculos, una porción creciente de los asimilados disponibles se destina a estos en detrimento del crecimiento del follaje. Primero se detiene la ramificación y la aparición de hojas nuevas y al final de la etapa cesa totalmente el crecimiento del follaje (Hernández, 2013).

La última fase va desde el fin del crecimiento del follaje hasta el fin del crecimiento del cultivo que ocurre por la senescencia del follaje. El área foliar en esta etapa empieza a disminuir porque no hay desarrollo de hojas nuevas, las hojas más viejas van muriendo y el área foliar en su conjunto va gradualmente bajando su eficiencia fotosintética hasta que esta no es suficiente para mantener el crecimiento de los tubérculos. En esta etapa, entonces, todos los asimilados disponibles se destinan al crecimiento de los tubérculos (Portela, 2010).

El rendimiento final del cultivo depende de la tasa de crecimiento de tubérculos y de que tan largo es el periodo de crecimiento de esos tubérculos. Como se mencionó anteriormente, en la primera fase, los asimilados de la planta se usan en el crecimiento del follaje, pero no en el crecimiento de los tubérculos, caso contrario con la última fase donde mayoría de los asimilados son usados en el crecimiento de los tubérculos a expensas de la

pérdida del área foliar. Entre mayor sea la capacidad de la planta de transformar la radiación y los nutrientes en azúcares simples para el crecimiento de los tubérculos, y entre más tiempo dure este proceso de la tercera fase, mayor será el rendimiento final obtenido en la cosecha, aunque no siempre pudiera comportarse de esa forma debido a las inclemencias del tiempo que no pueden ser previsibles y logran afectar a la planta en cada una de las fases del cultivo (Aldabe & Dogliotti, 2006).

El tiempo de duración de la tercera fase, es decir el tiempo de duración del área foliar depende de la cantidad de área foliar de la planta al final de la segunda etapa, en otras palabras, entre más follaje, mayor es la cantidad de biomasa acumulada por la planta en las fases anteriores, mayor tiempo toma la etapa de senescencia y más crecerán los tubérculos.

Esta cantidad de biomasa acumulada depende del número de hojas y de su tamaño, que a su vez están determinadas por el número de ramificaciones alcanzadas por la planta en la primer fase, antes de empezar la tuberización, es decir entre más tiempo tome la primer fase o más se retrase el proceso de tuberización, mayor será el ciclo del cultivo y con ello el rendimiento (Parra, 2003).

Kooman et al. 1996, encontraron que cuando se alarga un día la duración de la etapa 1, se alarga un día la duración de las etapas 2 y 3. Por lo tanto alargar un día la duración del período previo al inicio de la tuberización resultó en 3 días más de duración del ciclo de crecimiento del cultivo.

Según Kalazich (2003), el agua es un elemento fundamental para el crecimiento de la planta, indispensable para la fotosíntesis, la respiración y otras funciones fisiológicas. Por otro lado, es el medio de transporte de minerales y productos de la fotosíntesis, necesarios para la turgencia de las células de la planta, para la transpiración y regulación de la temperatura de las hojas. El consumo de agua por parte del cultivo es ampliamente influenciado por las condiciones climáticas, así como el rendimiento final puede variar ampliamente de acuerdo a la disponibilidad de agua ya sea de precipitación o regadío (Jara, 1999).

Mucha o poca lluvia afecta el rendimiento del cultivo, ya que debido a la poca profundidad de las raíces de la papa la respuesta productiva a la irrigación frecuente es considerable y se obtienen cosechas muy abundantes con sistemas de riego automático que sustituyen a diario

o cada tercer día el agua perdida por evapotranspiración y mantienen en un buen nivel la humedad del suelo. Un estrés hídrico moderado durante la etapa de expansión del follaje, frena el crecimiento del mismo y favorece la partición de asimilados hacia el crecimiento de los tubérculos, sobre todo cuando ya existen tubérculos iniciados en la planta (Sepúlveda et al., 2004).

La papa o patata requiere de 0,35 a 0,8 m<sup>3</sup> de agua para producir 1 kg de materia seca de tubérculos. En condiciones de campo, esto se traduce en requerimientos hídricos de 350 a 650 mm durante el período de crecimiento, que dependen del clima y de la variedad. La productividad del agua para rendimiento de tubérculos frescos, que contengan cerca de 75 % de humedad, es de 4 a 11 kg/m<sup>3</sup> (Sood & Singh, 2003).

En condiciones de suministro hídrico limitado, el suministro disponible, preferencialmente, debería centrarse en maximizar el rendimiento por hectárea en lugar de repartir el agua limitada en un área más grande. Se puede ahorrar agua principalmente a través de un calendario mejorado y profundidad de la aplicación del riego (Parra, 2003).

En la etapa previa a la cosecha, 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 llegara la ocasión de suspender el riego para proceder a la cosecha de los tubérculos ya maduros (Gámez, 2017; Granitto, 2019).

### **1.1.3. Factores que intervienen en la tuberización**

La formación de tubérculos (definido como inducción, iniciación, crecimiento y maduración de los tubérculos) es el proceso determinante en la formación de la cosecha de este cultivo. Existen varios factores del ambiente y del manejo que afectan el inicio de la tuberización (Pórtela, 2010; Gámez, 2017).

Entre los factores que intervienen en la tuberización se han mencionado las características propias de la variedad, la edad fisiológica de la semilla, la temperatura del suelo, la humedad, la nutrición de la planta, la intensidad y duración de la luz (favorecido en días cortos), la acción de reguladores del crecimiento y la incidencia de plagas y enfermedades. Todos estos factores, además de afectar el cultivo, influyen directamente en su rentabilidad (Coleman et al., 2001; Jiménez et al., 2010).

Dada la complejidad de las interacciones entre reguladores del crecimiento y carbohidratos en la tuberización (ambas clases involucran múltiples especies moleculares activas que son inductoras) parece difícil separar sus efectos. En este sentido, es probable que un enfoque fisiológico dirigido hacia el estudio de las señales energéticas primarias (como el potencial redox en organelos, células y tejidos así como el índice de fosforilación o metilación de proteínas clave en cierta vía metabólica), más que a las señales bioquímicas dependientes al parecer de la señalización energética, y por ello ubicadas en un nivel más alto en la jerarquía de la señalización, pueda resultar en mayores beneficios para la comprensión de los eventos que ocurren en la tuberización (Ashraf et al., 2011).

Se ha demostrado que la iniciación de la tuberización, ya sea en plantas intactas o en segmentos nodales, se encuentra bajo el control coordinado de muchos de los reguladores del crecimiento como las giberelinas, citoquininas, ácido abscísico, ácido jasmónico y otros. A pesar de que la función de algunas hormonas en la tuberización sigue siendo controvertida existen evidencias que han establecido el papel inhibitorio de las giberelinas (Sarkar, 2008).

De esta manera, se conoce que la aplicación exógena de giberelinas, promueve la elongación del estolón e inhibe la formación de los tubérculos mientras que, ante una caída en el nivel de giberelina, se observan los primeros signos visibles del ensanchamiento en la zona subapical del estolón. Además de actuar como los reguladores dominantes de la transición de estolón a tubérculo, las giberelinas también juegan un papel en la respuesta al fotoperiodo en la tuberización. La reducción de los niveles de giberelinas, se acompañan de cambios en la morfología, metabolismo y la expresión de genes en las hojas de plantas inducidas a tuberizar (Bou-Torrent et al., 2011).

La papa es considerada una planta termoperiódica, indicando que necesita una variación entre la temperatura máxima y mínima de al menos 10°C. Si la diferencia es menor, el crecimiento y tuberización se ven afectados. Si esta situación se presenta con frecuencia a lo largo del ciclo vegetativo, el rendimiento y la calidad se ponen en riesgo, pues las temperaturas altas son ideales para el crecimiento de tallos y hojas, pero no para el desarrollo de los tubérculos (CENTA, 2002).

El acortamiento del fotoperiodo es una señal de la llegada de condiciones desfavorables, por lo que la planta se prepara para la formación de sus órganos de almacenamiento y resistencia propiciando la tuberización. Hay que aclarar que el acortamiento de los días estimula el proceso de tuberización en la mayoría de variedades, pero no lo determina, pues puede empezarse este proceso aun contando con fotoperiodos largos (Aldabe & Dogliotti, 2006).

En general, la señal del fotoperíodo se integra con otros factores del medioambiente tales como la disponibilidad de nitrógeno, temperatura, intensidad de la luz, así como con el estado metabólico general de la planta, de modo que las plantas pueden tuberizar incluso bajo días de fotoperiodos largos (Jackson, 1999).

#### **1.1.4. Fisiología de la semilla**

Egúsquiza (2000), refiere que el fruto o baya de la papa se origina por el desarrollo del ovario. La semilla conocida también como semilla sexual, es el ovulo fecundado, desarrollado y maduro. El número de semillas por fruto puede variar desde cero (nada) hasta 400.

La fisiología de la semilla, una vez cosechado el tubérculo y almacenado hasta la aparición de sus brotes, este se encuentra en estado de reposo o de inactivación (7 a 120 días) aproximadamente, dependiendo de factores como: la variedad, estado de cosecha y condiciones de almacenamiento (temperatura, luz) por citar algunos. Posteriormente, se origina la brotación apical, con aparición de un solo brote, para luego iniciar el estado de brotación múltiple con desarrollo de todos los brotes del Tubérculo Semilla (TS).

Finalmente, cuando la semilla esta almacenada durante mucho tiempo pierde agua, nutrientes, presentando una apariencia envejecida llegando al último estado fisiológico (Rodriguez & Moreno, 2010).

Dependiendo de la utilidad que se desea dar a la producción, el manejo de estos estados fisiológicos de la semilla, es muy importante ya que un tubérculo destinado para el consumo no debe presentar ningún brote, de igual manera en épocas, en que su precio de venta bajo, retrasar su brotación para así esperar una mejora de este, es vital para la economía de agricultores dedicados a este rubro (Ashraf et al., 2011).

Existen varios métodos y productos utilizados para aumentar o retrasar la brotación de los tubérculos como, reguladores de crecimiento que retrasen la formación de brotes a través de inhibición de síntesis de giberelinas (Rodríguez & Moreno, 2010). El ácido abscísico (ABA) y el etileno son considerados inhibidores del crecimiento de brotes (ICB), su utilización varía considerablemente y se ven afectados por factores como, la variedad, condiciones ambientales en su almacenamiento, los estados fisiológicos de la planta cosechada, presencia de compuestos fenólicos, metabolismo de azúcares, la cantidad y número de aplicaciones del producto para el control de la brotación (Daniel et al., 2013).

Además, existen sustancias químicas que impiden la respiración aeróbica, con un fuerte efecto en la latencia de yemas, esta acción de los ingredientes activos depende del tiempo, dosis, que entre más alta sea y su tratamiento, será más efectivo (Velásquez et al., 2013).

Como ejemplo se puede mencionar, la quinona, compuesto que secretan algunas plantas, inhiben el crecimiento de otras, así la “juglona”, un metabolito secundario abundante especialmente en las hojas, cascarones de frutas y raíces. Productos con los que se están realizando extractos para la inhibición de brotes de tubérculos de la papa (Aranda et al., 2016).

## **1.2. Métodos de propagación de papa**

La planta de papa presenta vía fotosintética C3. Se propaga vegetativamente por tubérculos semillas lo que asegura la conservación de características varietales durante generaciones sucesivas. Sin embargo, debido a su forma de propagación asexual está sometida a un alto riesgo de contaminación por virus, hongos, bacterias e insectos, durante el período de cultivo y almacenamiento. También al emplear el material vegetativo por ciclos repetidos puede ocasionar degeneración del cultivo por la acumulación de enfermedades, especialmente virales (Scherwinski & Luces, 2004).

Actualmente, la producción comercial de papa en el mundo está casi completamente basada en la propagación vegetativa (tubérculos-semilla). Sin embargo, esta puede ser propagada sexualmente mediante semilla sexual (SSP) o semilla botánica. Se planteó por un grupo de investigadores, que los tubérculos-semilla representan entre 40-70 % del costo de producción. En Cuba, las poblaciones elevadas de áfidos y otros insectos y la presencia de enfermedades durante todo el año, dificultan el mantenimiento del programa nacional de

semilla de papa y la clave para lograr mayores rendimientos en la calidad del material, lo que ha conducido a estudios para alcanzar un manejo de las plagas y enfermedades en este cultivo, donde ha intervenido la biotecnología (Bou-Torrent et al., 2011).

La papa se cultiva por multiplicación vegetativa, esto significa que se plantan los tubérculos, este tipo de propagación implica poca variabilidad genética comparada con el uso de la semilla sexual y debido a esto ofrece mayores riesgos frente a una posible enfermedad que ataque al cultivo. También pueden utilizarse las semillas sexual y asexual con el fin de obtener nuevas variedades, ya que originan producciones de papas muy heterogéneas (RAP-L 2008).

El valor potencial del cultivo de tejidos en la producción de papa ha sido ampliamente reconocido a nivel mundial. Esta tecnología se emplea en muchos países para obtener semilla libre de patógenos y por el consecuente beneficio para los productores (Naik & Karihaloo, 2007; Hoque, 2010).

La propagación in vitro de papa es mediante el subcultivo de yemas axilares. Se pueden obtener tanto plantas in vitro como microtubérculos (Calderón et al., 2008). La producción de tubérculos in vitro fue descrita por primera vez como una herramienta experimental para el examen de la tuberización de la papa y los problemas fitopatológicos (Barker, 1953).

Desde esa fecha se han utilizado diferentes términos para nombrarlos, por ejemplo: mini tubérculos producidos in vitro (Lewis et al., 1998), vitrotubérculos, pero se ha aceptado internacionalmente el uso del término microtubérculos (Wattimena, 1983).

Algunos sistemas comerciales de producción de semilla de papa que emplean la micropropagación se basan en la plantación de los microtubérculos y las plantas in vitro en casas de cultivo, para multiplicar mediante cortes sucesivos a las plantas madre o para obtener minitubérculos. Ésta se realiza en ambientes protegidos por malla antiáfidos o directamente en campo (Bolandi et al., 2011).

La utilización de semilla botánica como medio de propagación de la papa despierta el interés por el estudio del comportamiento de su floración, fructificación y cuajado del fruto. En la papa, estos caracteres sexuales reproductivos son gobernados por varios factores que incluyen el fotoperíodo, la temperatura, la humedad, el estado nutricional de la planta y la variedad. Sin embargo, el control de la mayoría de estos factores puede lograrse en un

invernadero controlado o en condiciones naturales de campo con fotoperíodo largo (14-16 h) y temperaturas frescas entre 18 y 22 °C (Farooq, 2005).

El uso a gran escala de la semilla sexual de papa (SSP) en la reproducción comercial (Rojas & Kalasich, 2006), probablemente sea uno de los grandes aportes de la investigación científica de las últimas décadas a la agricultura del siglo XXI. Generalmente muchas variedades de papa no florecen en condiciones de Cuba (días cortos 10-11 horas luz). Algunos cultivares florecen escasamente, mientras que otros lo hacen de mediana a abundante floración, pero a su vez producen pocas o ninguna baya (fruto botánico).

Muchos años después se comenzó a practicar la siembra de semillas cubanas, las que al picarse y plantarse generalmente se podrían; esto hizo que se extendiera el método de guardar de una cosecha a otra, papas que tenían poco valor comercial y que se podían plantar enteras en épocas de siembra muy tempranas (agosto-septiembre), y aunque su desarrollo y producción eran malos, siempre daban al cosechero alguna ventaja económica, pues por entrar muy temprano en el mercado obtenía un precio muy elevado, a veces el doble del que se lograba en los meses de la cosecha principal (Dencás, 2019).

### **1.3. La producción de papa en Cuba.**

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es el cuarto cultivo alimenticio en orden de importancia a nivel mundial, después del trigo, el arroz y el maíz. Se encuentra entre los diez alimentos más importantes producidos en los países en vías de desarrollo (RAP-L, 2008).

En Cuba ocupa el primer lugar entre las raíces y tubérculos, plantándose cada año alrededor de 6 614,6 hectáreas, con rendimiento medio de 21,31 t.ha<sup>-1</sup> y una producción anual de 135 100 toneladas (ONEI, 2019; López, 2019).

Cuba presenta buenas potencialidades productivas en Latinoamérica, encontrándose entre los cuatro primeros países productores. El estado cubano prioriza el desarrollo del cultivo de la papa no solo por sus aportes nutricionales, sino además porque puede ser almacenado en cámaras refrigeradas por largos períodos de tiempo para garantizar un suministro estable a la población, convirtiéndolo en un cultivo de seguridad alimentaria (Manso, 2009).

Todas las semillas de las variedades utilizadas en Cuba para la producción de papa son importadas de Europa y Canadá, por lo que el Estado cubano tiene que invertir cada año

aproximadamente 10 millones de dólares en su compra, de las 33 variedades que se utilizan actualmente en la producción (MINAG, 2018) debido a que el Programa Nacional de semilla no satisface las demandas de los productores (Dencás, 2019).

Cuba, desde el año 1983 hasta la campaña 2015/2016, plantó como promedio 12 809,43 hectáreas, siendo el año récord en hectáreas plantadas la campaña 1990/1991 con 18 428,30 hectáreas, obteniendo como promedio en estos 33 años una producción de 241 mil 248,68 toneladas; el récord en producción se obtuvo en la campaña 2000/2001 con 372 mil 681,7 toneladas, donde en 2017 se rompió el récord de almacenamiento en frigorífico con 196 mil 946,70 toneladas; los rendimientos promedios de estos años fueron de 18,35 t.ha<sup>-1</sup>, siendo el año récord la campaña 2001/2002 con 25,9 t.ha<sup>-1</sup> (MINAG, 2018; Gámez, 2017).

En los últimos años el área de cultivo se ha reducido a 6 614,6 hectáreas de las 10 000 hectáreas cultivadas anualmente (Estévez et al., 2006), debido al alto costo que representa para el país la compra de semillas en el extranjero y el complejo paquete tecnológico que demanda. Se desarrolla solo en seis provincias: Mayabeque (2 000 ha), Matanzas (1 500 ha), Ciego de Ávila (852,6 ha), Artemisa (800 ha), Cienfuegos (450 ha) y Villa Clara (412 ha) (MINAG, 2018).

El estado le ha dado, durante décadas, una alta prioridad al cultivo de la papa, no solo por su valor nutricional y su aceptación por la población, antes mencionados, sino por las potencialidades que le permiten producir altos volúmenes de producción por unidad de superficie. Es por ello 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 (MINAG, 2018).

En Cuba la papa se cultiva principalmente en las zonas occidental y central del país y en menor medida en la oriental, fundamentalmente en la época de seca (noviembre diciembre), cuando las temperaturas son más bajas; invirtiéndose cada año más de 10 millones de dólares en la compra de semilla a Holanda y Canadá (Estévez, 1996).

Aunque se planta en muchas zonas geográficas debido a su gran plasticidad ecológica (Olteanu et al., 2010), las condiciones idóneas para su producción en Cuba se presentan en un corto período de tiempo entre los meses de diciembre-abril, en el cual las temperaturas

resultan más bajas. En el país se contrarrestan en alguna medida las afectaciones que puedan derivarse de las exigencias edafoclimáticas del cultivo, al ubicar las áreas de producción en los suelos más productivos y las épocas más frías del año, y se aplican los requerimientos agrotécnicos establecidos por el instructivo técnico; no obstante, bajo estas condiciones el ciclo del cultivo se ve reducido al igual que la obtención del rendimiento potencial de las variedades cultivadas. En el país se han plantado un grupo importante de variedades procedentes de Canadá y Holanda (Jaramillo, 2001; Pórtela, 2010).

La Variedad Santana, cuyos progenitores son Spunta x VK 69-491 es una de las variedades cubanas que se plantan en Cuba. Presenta una madurez de semitemprana a semitardía. Los tubérculos son grandes de forma oval, uniforme, de piel amarilla con ojos muy superficiales, bastante sensible al azuleado. Presenta un alto rendimiento y un alto contenido de materia seca (Pórtela, 2010).

La calidad de consumo es relevante en comidas un poco después de cocidas, indicadas para consumo fresco en papas fritas. Tiene el follaje de bueno a bastante bueno. Es muy susceptible a la *Phytophthora* de la hoja y muy resistente a la del tubérculo, bastante sensible al virus de enrollado, bastante resistente al virus X y muy resistente al virus A y al virus Yn, inmune a la sarna verrugosa, resistente al patotipo 1 de *Globodera rostochiensis* del nematodo del quistes y medianamente resistente a la sarna común (Hans et al., 2007).

En el cultivo de la papa la producción comercial de tubérculos para consumo fresco, procesamiento industrial o semilla, es el interés principal, por lo tanto, las condiciones que estimulan la formación y el almacenamiento de almidón (tuberización) deben ser las más favorables para el desarrollo de los tubérculos y el consecuente éxito del cultivo (Aslam et al., 2011).

La etapa de cosecha se define por los días del ciclo vegetativo de la variedad sembrada (precoz, intermedia o tardía) o bien cuando el follaje comienza a volverse amarillo en forma generalizada y las hojas comienzan a caerse de manera natural. La cosecha debe hacerse en horas tempranas de la mañana y con tiempo seco; el arranque se hace manualmente, con azadón, suacho o cuma. Es conveniente cosechar con cuidado para evitar heridas sobre la superficie de las papas, porque se convierten en la principal vía de entrada de múltiples enfermedades (Dencás, 2019).

La clasificación, consiste en ordenar los tubérculos producidos, en base al tamaño, dependiendo de la variedad puede tenerse hasta tres categorías (Chávez & Ramírez 2013). Los tubérculos deben dejarse extendidos en el suelo expuestos al sol por un periodo de 2 horas para que se aireen y se sequen bien, lo que ayuda a terminar de suberizar la piel del tubérculo, lo cual al frotarse con las manos no debe desprenderse, esto contribuye a evitar daños durante el manipuleo, transporte y almacenamiento, también facilita el desprendimiento de la tierra adherida (Román & Hurtado 2002).

En la postcosecha resulta fundamental el proceso de curado es para evitar daños de la cascara y para conservar la papa en buen estado, se debe curar antes de cosechar, Es conveniente cortar el follaje unos 10 días antes de la cosecha, para que la piel de los tubérculos se vuelva más fuerte, y acelera su madurez. Esta práctica favorece la acumulación de materia seca, condición importante en la calidad del producto, y control de la polilla de la papa y cualquier daño físico o la pérdida de humedad. Y después de haber cortado el follaje permanecerá sin riego, fertilización por 15 días para completar el curado (Román & Hurtado 2002).

#### **1.4. Importancia del cultivo de la papa**

La papa es uno de los cultivos de gran importancia alimenticia. Es superior a todos los otros cultivos en la producción de proteínas por unidad de tiempo, superficie y en la producción de energía (FAOSTAT, 2010).

El contenido de proteína de la papa es análogo al de los cereales y es muy alto en comparación con otras raíces y tubérculos. Las papas tienen abundantes nutrientes, sobre todo vitamina C, acumulada en su piel. Además, contienen una cantidad moderada de hierro, pero el gran contenido de vitamina C fomenta la absorción de este mineral (López et al., 1995).

Como alimento, este tubérculo tiene vitaminas B1, B3 y B6, y otros minerales como potasio, fósforo y magnesio, así como folato, ácido pantoténico y riboflavina. También contiene antioxidantes alimentarios, los cuales pueden contribuir a prevenir enfermedades relacionadas con el envejecimiento y además contiene fibra, cuyo consumo es bueno para la salud (FAOSTAT, 2008). Un tubérculo de tamaño medio contiene altos niveles de potasio y la mitad de la vitamina C aproximadamente que requiere diariamente un adulto. Estos

son también una buena fuente de vitaminas B y minerales tales como fósforo y magnesio (Portela, 2010).

En 100 g de papa hervida y pelada antes del consumo encontramos la siguiente composición: 77 gramos de agua y 87 Kcal de energía, lo que se encuentra representando a una serie de nutrientes esenciales para la salud del hombre como son 0,02 mg de riboflavina, 0,106 mg de tiamina, 1,44 mg de niacina, 0,31 mg de hierro, 44 mg de fósforo, 379 mg de potasio, 5 mg de calcio, 20,13 g de carbohidratos, 1,8 g de fibra, 0,1g de grasa, 1,87 g de proteínas y 13 mg de vitamina C (FAO, 2008; Portela, 2010).

## **Capítulo II: Materiales y métodos**

### **Procedimientos generales:**

La investigación se realizó en la Empresa Cítrico Arimao de Cumanayagua, provincia Cienfuegos durante la campaña 2019-2020. El área de estudio fue en la UBPC “Cuatro caballerías”, campo Nro 3, colindante con dos áreas de matorral, 0,6 ha de yuca e instalaciones administrativas.

El tipo genético del suelo es Pardo Grisáceo según la Clasificación de los Suelos de Cuba (Hernández, 2015), que indica para este tipo de suelo, que es común la presencia de un horizonte B sílico, como resultado de su formación bajo el proceso de sialitización. Resultan suelos de perfil ABC, formados en relieve ondulado a alomado, a partir de roca ígnea ácida, siendo los granitoides la roca formadora más extensiva para estos suelos en Cuba.

Las características que definen a estos suelos como tipo genético, diferenciándolos de los otros tipos del tipo Pardo, es su nivel más bajo de fertilidad, sobre todo por la textura ligera, menor capacidad de retención de nutrientes y humedad, y reacción de suelo más ácida. Los análisis agroquímicos realizado al área experimental previo a la plantación mostraron un pH: 5,66, Materia orgánica: 1,36, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 5,1mg/100g de suelo y K<sub>2</sub>O 8,1 mg/100g de suelo respectivamente.

Para el estudio se utilizaron tubérculos semilla de la variedad holandesa importada Santana. Se plantaron los calibres II, 35-45 mm y III, 45-55 mm en un marco de 0,25 y 0,30 x 0,90 m respectivamente (MINAG, 2019a). La preparación del suelo y el surcado fue con tracción animal.



Almacenamiento en la Empresa previo a la plantación y surque del campo.

Fotos: Lázaro J. Ojeda Quintana, 11 de diciembre 2019.

Se conformaron parcelas  $22,5 \text{ m}^2$  con una muestra de 20 plantas tomadas en los tres surcos centrales. El diseño experimental seleccionado fue un Bloque al azar (BA) con dos tratamientos y cinco réplicas:

1. Calibre II, 35-45 mm.
2. Calibre III, 45-55 mm.

La plantación se efectuó el 12 de diciembre de 2019, con la semilla en brotación múltiple, la cual fue colocada en el centro del cantero a una profundidad entre 15-20 cm, con tape inmediato. Previamente se realizó la fertilización de fondo por bandas, con la fórmula 9-13-17 a razón de  $1,42 \text{ t.ha}^{-1}$  y posteriormente un riego profundo (“mine”). La aplicación de urea ( $0,30 \text{ t.ha}^{-1}$ ) fue a los 28 días. Ambas labores culturales según lo recomendado para suelos Arenosos con rendimientos entre 18 y  $25 \text{ t.ha}^{-1}$  en el Instructivo Técnico (MINAG, 2019a).

El aporque se realizó a los 35 días después de la plantación (DDP) con tracción animal. Con el mismo se logró una altura aproximada del cantero cercano a los 30 cm, que permitió alcanzar una profundidad adecuada de la semilla. Respecto al régimen de riego, el mismo se enmarcó por los cuatro períodos de requerimiento del cultivo, de acuerdo a las Directivas de trabajo para la Campaña Papera 2019-2020 (MINAG, 2019b).



Aporque con tracción animal. Se aprecia el buen levante de suelo en el surco.

Fotos: Lázaro J. Ojeda Quintana, 16 de enero 2020.

Durante todo el ciclo del cultivo, mediante muestreos sistemáticos se constató la presencia de plagas y enfermedades.

La cosecha del experimento se realizó de forma manual el día 5 de marzo del 2020, a los 84 días DDP, con la participación del personal agrícola y técnico que estuvo vinculado a las atenciones culturales. El follaje fue eliminado de forma manual y los tubérculos se contaron y pesaron por tamaños en kg con un dinamómetro digital.

### **Mediciones realizadas:**

1) Objetivo 1: Evaluar el comportamiento de variables agromorfológicas en el desarrollo de las plantas.

- a) Peso fresco del tubérculo semilla. Se pesó en el momento de la plantación, transcurrido 18 días de haber salido del frigorífico, para ello se utilizó un dinamómetro digital debidamente calibrado.
- b) Contenido de materia seca total del tubérculo semilla. En el momento de la plantación se tomaron muestras de tubérculos por ambos calibres y se entregaron al Laboratorio de análisis en la UCTB Suelos para determinar la materia seca total por Gravimetría.
- c) Emergencia de los tubérculos semilla a los 21 días. Mediante la observación visual de la parcela experimental y el registro en libreta de campo.
- d) Altura de la planta y grosor del tallo a los 30 días. Se utilizó una regla graduada y un pie de rey. La medición se realizó en el área evaluable de cada parcela experimental.
- e) Número de tallos/plantón a los 50 días. Observación visual y conteo manual por cada parcela experimental.
- f) Inicio de la floración y porcentaje de la misma. Observación visual y conteo manual por cada parcela experimental.



Pesaje del peso fresco en campo y preparación en el Laboratorio para determinar la materia seca total.

Fotos: Lázaro J. Ojeda Quintana, 12 de diciembre 2019.

2) Objetivo 2: Evaluar las respuestas de la temperatura y pluviometría en el rendimiento productivo de la variedad.

Registro de las temperaturas máximas, mínimas y media. Cómputo de la temperatura a diaria a las 7.00 am de la mañana y 4.00 pm con asiento en libreta de campo.

- a) Amplitud de las temperaturas (Cálculo por diferencia entre la temperatura máxima y mínima diaria).
- b) Temperatura efectiva (temperatura superior a 10°C).
- c) Suma de temperatura efectiva por fases.

3) Objetivo 3: Cuantificar el rendimiento y la estructura de la producción de la variedad de papa Santana en las condiciones de la Empresa Cítrico Arimao.

En cada parcela experimental, una vez cuantificado el número de tallos/plantón se cosechó el área evaluable y se contaron los tubérculos comerciales ( $\geq 14$  mm) y los menores del calibre anteriormente mencionado. Una vez contados fueron pesados y registrados para el cálculo posterior del rendimiento.

- a) Número de tubérculos comerciales/plantón.
- b) Número de tubérculos comerciales/tallos.
- c) Número de tubérculos totales/plantón.
- d) Número de tubérculos totales/tallos.
- e) Rendimiento t.ha<sup>-1</sup>.

Se consideró la Fase 1 desde la plantación hasta el inicio de tuberización, a los 30 días la, Fase 2 desde inicio de tuberización hasta fin del crecimiento del follaje 70 días y la Fase 3 desde este momento hasta la cosecha (Aldabe & Dogliotti, 2010).

Se registraron las precipitaciones desde la plantación hasta la cosecha, las cuales se muestran en la Figura 1.

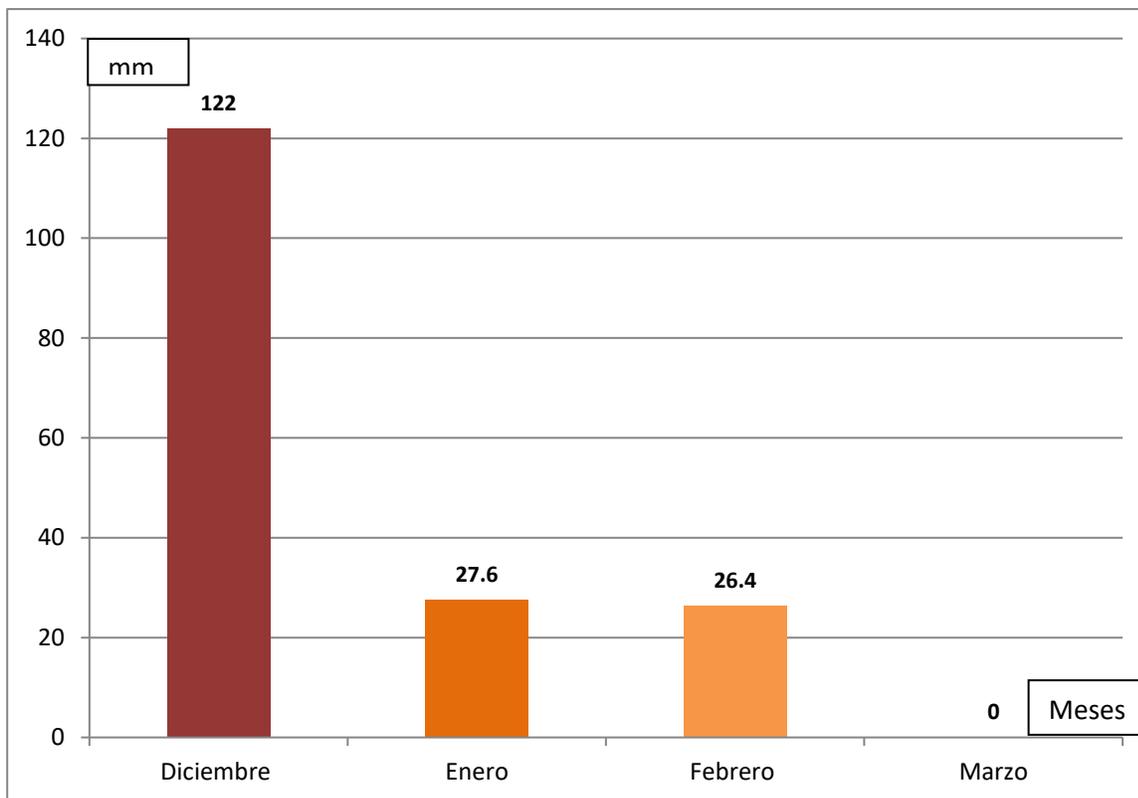


Figura 1. Comportamiento de las precipitaciones en el área experimental.

Fuente: Pluviómetro de “Los Filtros”, Cumanayagua.

El análisis estadístico se realizó con programa STATGRAPHICS Centurion XVI Versión 16.1.18, para un nivel de confianza de 95 % (significación  $p < 0.05$ ) y las medias se compararon por la prueba de Duncan (1955) para conocer las diferencias entre los tratamientos.

### Capítulo III: Resultados y discusión

En la Tabla 1 la emergencia a los 21 días, con un porcentaje superior al 95,0 %, lo que indica cómo el estado de brotación múltiple mencionado anteriormente favoreció una buena emergencia de los tubérculos. El peso fresco del tubérculo semilla se encontró dentro del rango concebido para el tipo de calibre utilizado, de igual forma el grosor del tallo y la altura de las plantas. Destacar que el número de tallos por plantón fue mayor en el calibre II, con diferencias estadísticas entre sí, sin embargo, el diámetro del tallo fue superior en el calibre III, también con diferencias significativas; lo que pudiera indicar que, una mayor cantidad de tallos por plantón disminuye el grosor del tallo de acuerdo a los resultados alcanzados.

Tabla 1. Indicadores agrofenológicos de la variedad Santana en campo.

Calibre (mm)	Peso fresco del tubérculo	Materia seca total (%)	Emergencia 21 días (%)	Nro tallos/plantón	Grosor del tallo (mm) 30 días	Altura (cm) 30 días
II-35-45	0.06b	22.16	96.37	3.16a	0.88b	21.83
III-45-55	0.11a	22.19	96.85	2.94b	1.05a	22.08
ES	0.026*	0.312 <sup>ns</sup>	0.272 <sup>ns</sup>	0.164*	0.028*	0.300 <sup>ns</sup>

*Letras distintas en una misma columna difieren entre sí, Duncan ( $p \leq 0,05$ ).*



Medición de altura, grosor del tallo y cuantificación del número de tallos por plantón.

Fotos: Lázaro J. Ojeda Quintana, 11 de enero 2020 .

Cada tubérculo tiene de 2 hasta 10 ("ojos"), distribuidos en espiral en toda la superficie de los que brotan las nuevas plantas cuando las condiciones vuelven a ser favorables (FAO, 2008). La observación visual realizada encontró de forma general de 5 a 7 "ojos" en los tubérculos semilla al momento de la plantación.

Autores consideran, que el número de tallos por planta está en función al número de ojos del tubérculo (Tirado-Lara & Tirado-Malaver, 2018); señalar que, una vez que los tubérculos rompen la dormancia comienza el crecimiento de los brotes y en esta etapa es importante las reservas del tubérculo madre; supuestamente estas reservas son mayores en el calibre 45-55 mm, sin que esto indique proporcionalidad con el número de brotes y tallos que se alcancen, como resultó en el trabajo, que la cantidad de tallos fue superior en el calibre menor.

Un indicador importante a tener en cuenta en la producción de papa es el número de tallos por plantón, el cual mostró diferencias significativas entre los calibres utilizados como semilla, con un mayor número de los mismos en el calibre II-35-45 mm. de Almeida, et al. (2016), plantean que el número de tallos, estará en dependencia del tamaño que tenga el tubérculo semilla que se plante, sin embargo, se obtuvo la mayor cantidad de los mismos en el calibre inferior.

Según Méndez (2009), la densidad de los cultivos se ha expresado de forma tradicional por el número de plantas por unidad de área. El cultivo de la papa consta de dos componentes: números de planta por unidad de área y números de tallos por plantas; el propio autor señala que la verdadera densidad del cultivo estará dada por el resultado de la densidad de plantas, por su número de tallos y que este a su vez describe mejor la densidad.

De acuerdo con López (2017), en el cultivo de la papa la densidad poblacional no puede evaluarse solo como la cantidad de plantas por unidad de área, sino que cada planta que proviene de un tubérculo consiste en un conjunto de tallos, cada uno de los cuales forma raíces, estolones y tubérculos. Además, cada tallo crece y se comporta como si fuese una planta individual. Por lo tanto, la verdadera densidad del cultivo de papa es el resultado de la densidad de plantas multiplicado por el número de tallos por planta.

El criterio anterior se pudo constatar con los resultados obtenidos en el trabajo, donde, de acuerdo al número de tallos por plantón cuantificado, se obtuvo una densidad real del

cultivo en los calibres evaluados aproximadamente de 139 998 y 108 518 plantas por hectárea, que representa un 314,9 y 292,9 % de incremento respectivamente, en base al marco de plantación establecido, según el calibre de los tubérculos semilla utilizados.

Una planta bien nutrida y con vigor presenta un mejor crecimiento y desarrollo que en caso contrario, incluyendo la altura de la planta, a menos que haya un crecimiento vegetativo excesivo (Arzola et al., 2013). Tanto el grosor del tallo, como la altura de la planta a los 30 días se corresponden con valores de plantas que crecen en condiciones favorables para su desarrollo, lo que indica un manejo fitotécnico adecuado.

En la Figura 2 se aprecia que la pluviometría alcanzada fue de 176 mm, por debajo de lo planteado por Cepeda & Gallegos (2003), que indican para la papa un umbral mínimo de requerimiento hídrico de 200 mm, de ahí la necesidad de manejar con atención el riego durante todo el tiempo del cultivo en campo.

Señalar que las condiciones de riego no fueron las mejores técnicamente, debido fundamentalmente a insuficiencias en el sistema portátil utilizado, sin embargo, garantizaron que el mismo tuviese la frecuencia establecida en el Instructivo, en correspondencia con el nivel de precipitaciones. Conociendo en cómo las prácticas de manejo pueden afectar el crecimiento de las plantas, resultó productivo intercambiar con los productores en la toma de decisiones más adecuadas que permitan maximizar el rendimiento y la calidad de la producción.

Se muestra el registro de las temperaturas máximas, mínimas y la media en el área del experimento (Figura1). Como se puede observar las medias sobrepasaron a las establecidas como óptimas 15-20°C (Haverkort, 1990; Sarquis, Gonzalez & Yuan, 1996 y Bland, 2004), citados por Martín & Jerez (2015), aunque algunas variedades rinden el máximo con temperaturas mayores. Destacar que a partir de la segunda decena de diciembre la misma superó los 25°C, con el valor más alto en la segunda decena de febrero con 26,3°C en correspondencia con la Fase de engrosamiento de los tubérculos.

Solis et al. (2015), refieren en resultados experimentales y de campo, que la elongación del tallo es mayor a 20°C y el crecimiento de las hojas es óptimo a 25°C, por su parte la emergencia de los brotes hasta el inicio de tuberización se mueven en este rango de temperatura, donde la planta se torna independiente del tubérculo madre. Se acota que las

observaciones visuales mostraron un crecimiento foliar elevado posterior a los 35-40 días, con plantas más altas, aunque no se correlaciona con una disminución de la tuberización o el calibre de los tubérculos en desarrollo.

El efecto del aumento de la temperatura puede variar desde un incremento hasta un decremento marcado del rendimiento y el contenido de materia seca de los tubérculos. Así mismo, se ha comprobado que temperaturas altas inducen la formación tardía de tubérculos, hojas más pequeñas y plantas más altas, con un resultado negativo en el rendimiento del cultivo (Haverkort & Verhager, 2008).

En la inducción de los estolones a la formación de tubérculos se contempla seguir las señales ambientales específicas, que incluyen fotoperiodo corto, alta intensidad de luz y bajos niveles de nitrógeno (Ewing & Struik, 1992).

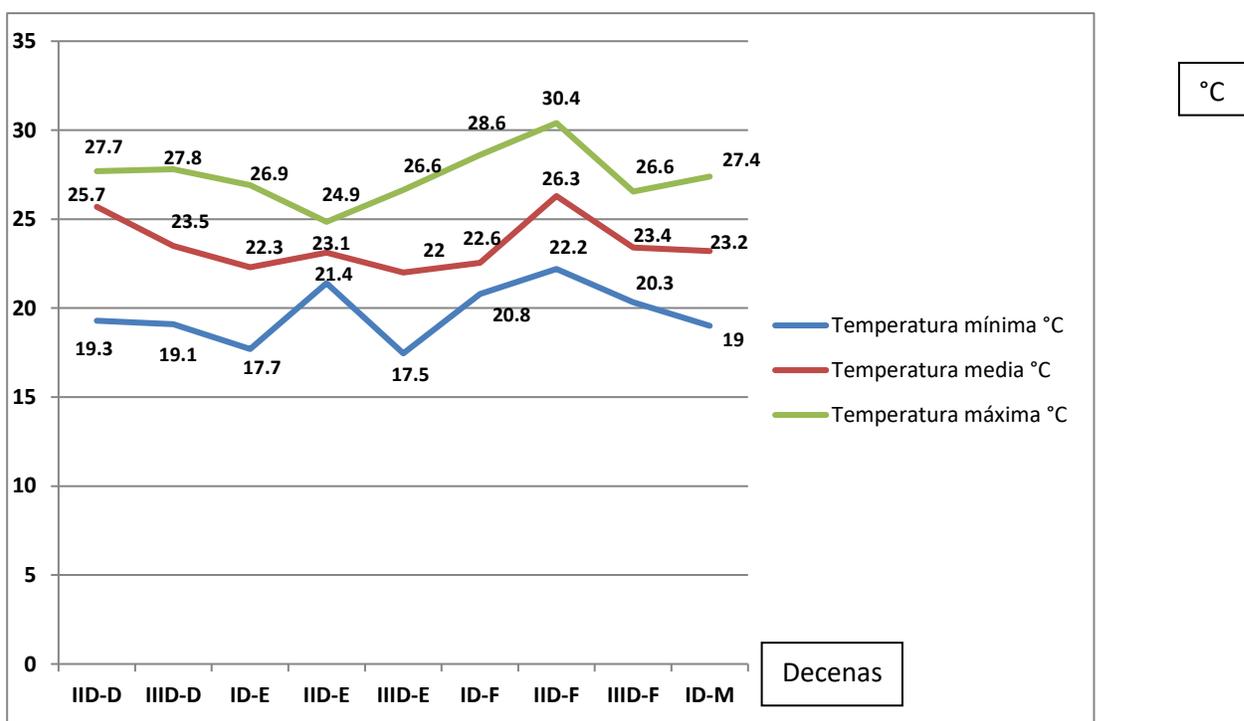


Figura 2. Promedios decenales de temperaturas media, máximas y mínimas durante el periodo de duración del experimento.

La amplitud de la temperatura durante todo el ciclo del cultivo estuvo por debajo de los 10°C, como se puede observar en la Figura 3. El valor más estrecho en el mes de febrero (7,4°C), que se correspondió con las Fases de tuberización y engrosamiento de los

tubérculos. Martín & Jeréz (2015), señalan que la mayor influencia de la temperatura sobre el cultivo radica en el rango de amplitud que se produzca entre las temperaturas máximas y mínimas, el cual no fue alto, lo que pudo influir en una menor tuberización.

Gámez et al. (2017) al evaluar el crecimiento y rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) cultivar Royal en la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú”, durante la campaña 2016-2017, encontró que variaciones de temperaturas diurnas y nocturnas como promedio en 10°C favorecieron la acumulación de materia seca en los distintos órganos sobre todo en los tubérculos en formación de esta variedad en condiciones experimentales de campo. CENTA (2002), refiere que la papa es considerada una planta termoperiódica, indicando que necesita una variación entre la temperatura máxima y mínima de al menos 10°C. Si la diferencia es menor, el crecimiento y tuberización se ven afectados. Si esta situación se presenta con frecuencia a lo largo del ciclo vegetativo, el rendimiento y la calidad se ponen en riesgo, pues las temperaturas altas son ideales para el crecimiento de tallos y hojas, pero no para el desarrollo de los tubérculos.

De acuerdo al comportamiento de esta variable, expresado en la Figura anterior, y los criterios expuestos por este autor, en relación al termoperíodo, la plantación no tuvo condiciones favorables para una buena producción, independientemente de los resultados constatados en las evaluaciones. A continuación, imágenes de la tuberización a los 50 días.



Fotos: Lázaro J. Ojeda Quintana, 1ero de febrero 2020.

La tuberización es un proceso morfofisiológico altamente coordinado que está influenciado por variables genéticas, fisiológicas y medioambientales y tiene lugar en los estolones subterráneos bajo la influencia de factores extrínsecos e intrínsecos. Sin embargo, después

de décadas de investigación aún no se dispone de un modelo único que integre todos los eventos fisiológicos, bioquímicos y moleculares que tienen lugar en la planta de papa ante la presencia de diferentes factores inductores de la tuberización (Sarkar, 2008); este criterio presupone no ser absoluto en cuanto al comportamiento de la temperatura durante el cultivo y la tuberización alcanzada.

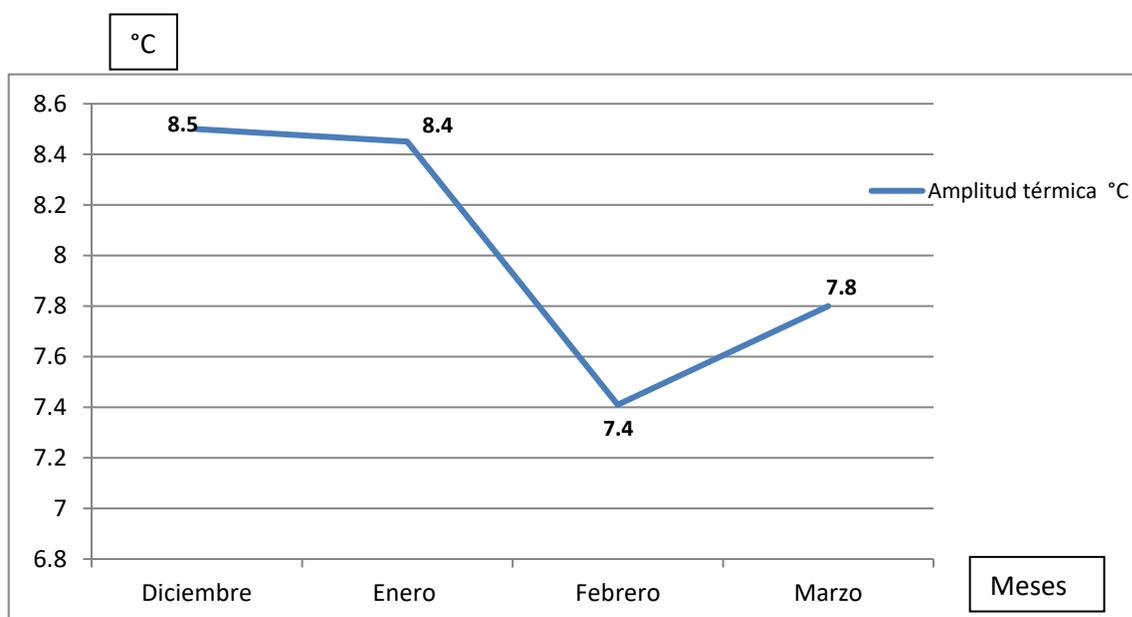


Figura 3. Amplitud térmica nocturna y diurna durante el período de estudio

Martín & Jeréz (2015), evaluaron las respuestas provocadas en el rendimiento, producto de las variaciones de las temperaturas durante el ciclo del cultivo de las variedades de papa Call White, Spunta y Santana cosechadas durante los años 2010, 2011 y 2012, respectivamente. Los autores comprobaron que a pesar de realizarse la plantación en una misma época cada año, las temperaturas mostraron un comportamiento diferente entre los años, lo cual influyó de forma decisiva en el rendimiento alcanzado, lo que indica que la temperatura puede determinar en gran medida los rendimientos que se alcancen en este cultivo. El rendimiento total fue superior para la variedad Call White (58,0 t.ha<sup>-1</sup>), seguido de las variedades Spunta y Santana (35,6 y 32,3 t.ha<sup>-1</sup> respectivamente).

Miranda et al. (2017), en la Cooperativa de Producción Agropecuaria “Amistad Cubano Búlgara” del municipio Güines, provincia Mayabeque, Cuba, analizaron la influencia de la temperatura en el cultivo de la papa durante el período 2009 – 2017, encontrando que el

aumento de la temperatura diurna y nocturna, así como su estrecha amplitud térmica durante las fases de brotación e inicio de crecimiento, pudieron influir en el proceso de tuberización, lo que permite inferir su incidencia en los bajos rendimientos que tuvo el cultivo. El rendimiento promedio del cultivo de la papa durante las campañas de 2009-2017 fue de 18,03 t.ha<sup>-1</sup>, y osciló entre 13,6 – 22,7 t.ha<sup>-1</sup>.

En la Figura 4 se observa la temperatura acumulada por las fases del cultivo. Se aprecia, cómo en la segunda Fase se registró el mayor acumulado de temperatura. Los resultados alcanzados coinciden con Martín & Jerez (2015), quienes evaluaron el efecto de la temperatura en las variedades de papa Call White, Spunta y Santana cosechadas durante los años 2010, 2011 y 2012 y calcularon la suma de temperaturas por fase, registrando temperaturas más altas para la segunda fase en los años 2011 y 2012, que propició un mayor acumulado, sin embargo resultó en detrimento de un mayor crecimiento de los tubérculos, al plantear que altas temperaturas no favorecen el crecimiento de los tubérculos, al gastar la planta en respiración, la mayor cantidad de materia producida en el proceso fotosintético.

Las fluctuaciones en la duración del día son fundamentales para promover la diferenciación de los estolones en tubérculos. La duración del día se percibe en las hojas por el fitocromo B y en condiciones inductivas éstas sintetizan una señal sistémica que se transporta a los estolones subterráneos para inducir el desarrollo del tubérculo. Los estolones subterráneos inducidos detienen su alargamiento, comienzan a ensancharse y posteriormente se forman los tubérculos. Si el estolón no forma un tubérculo entonces emerge del suelo y forma un tallo aéreo (Vreugdenhil et al., 2007).

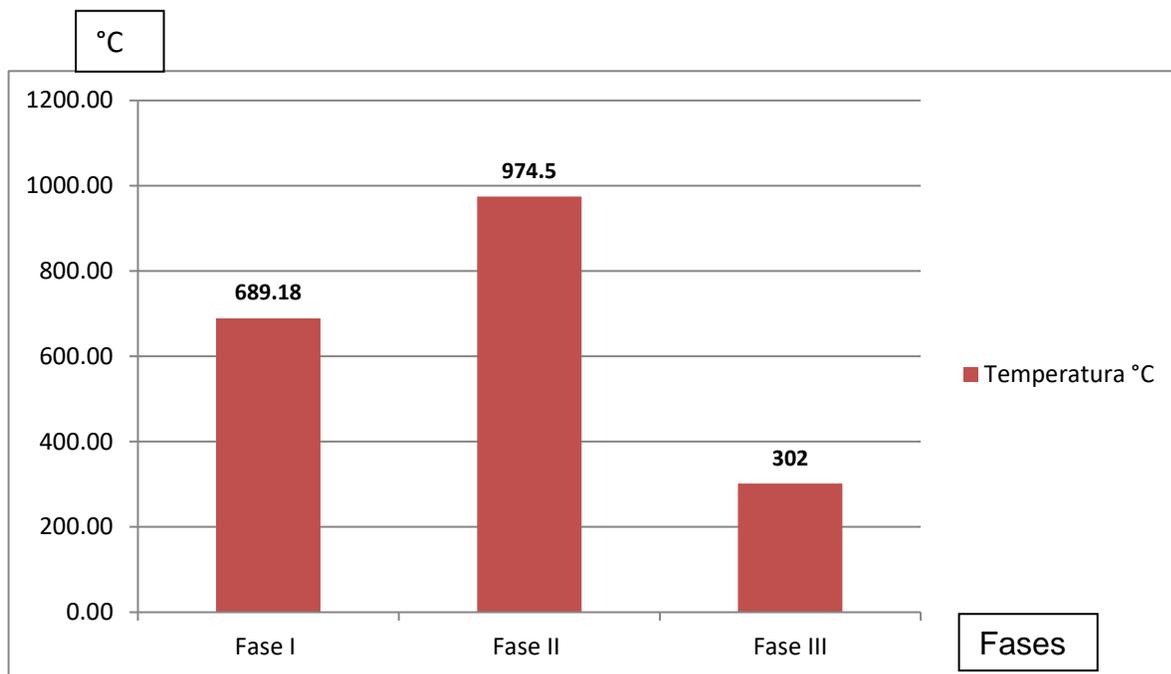


Figura 4. Temperatura acumulada por fases del cultivo.

Hijmans (2003), al utilizar modelos de simulación, predijo disminuciones del rendimiento entre 9 y 32 % para el año 2050, debidas principalmente al efecto de altas temperaturas. Otros estudios en Europa han encontrado efectos positivos, nulos o negativos (cambio en el rendimiento entre 11,1 y -14,3%) dependiendo si el clima de la zona es frío, templado o mediterráneo (Wolf & Oijen, 2003).

Tolaba & Lizana (2000), evaluaron el efecto de los aumentos de temperatura en campo sobre distintos genotipos de papa en la región de Valdivia, Chile, para determinar los posibles cambios en rendimiento y calidad. Los autores encontraron que el efecto de aumento de temperatura “per se” aplicado a inicios de tuberización y mitad del llenado de tubérculos no afectaría significativamente los rendimientos comerciales de papa para la zona sur, pero aumentaría la producción de biomasa total, explicada por el aumento de tubérculos de mayor y menor tamaño que el comercial.

En la Figura 5 se observa el comportamiento general de la floración de las plantas en el tiempo. La primera floración pudo verse a los 23 días, con el menor porcentaje, seguidamente fue en aumento, sin embargo, después de los 50 días y hasta la cosecha se mantuvo en un 58 % en toda el área. No hubo diferencias entre los tratamientos.

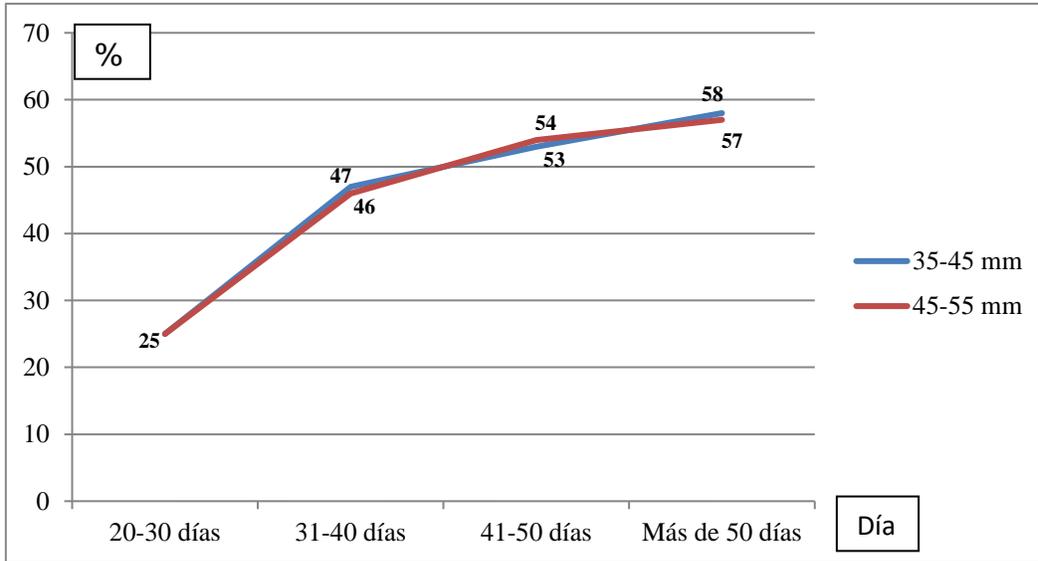


Figura 5. Porcentaje de floración en el tiempo.

La floración indica que la planta comienza a emitir estolones o que inicia la tuberización. En variedades precoces, esto ocurre a los 30 días después de la siembra; en variedades intermedias, entre los 35 a 45 días; y en las tardías entre 50 a 60 días. La variedad Santana se ubica en medianamente tardía, por lo que el inicio de la floración en las condiciones experimentales se anticipó en siete días, alcanzando la floración plena a los 50 días, manteniendo la misma en 58% a partir de esta fecha.



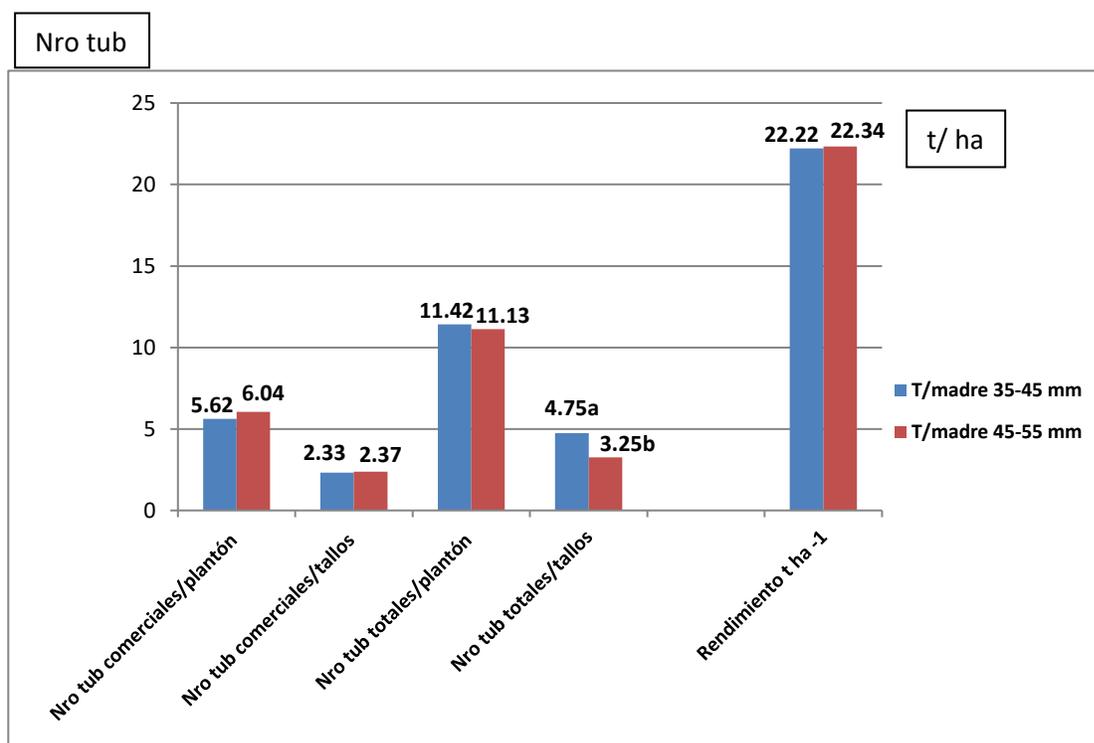
Floración de la variedad Santana a los 30 días del cultivo.

Fotos: Lázaro J. Ojeda Quintana, 15 de enero 2020.

Sin embargo, Mora (2000) reportó 75 días después de la siembra para la plena floración (50% de flores abiertas) en dos variedades holandesas en el Centro Agropecuario Marengo, Mosquera Cundinamarca.

Estudios han indicado que las señales que inducen la floración y la tuberización podrían estar relacionadas y se han identificado mecanismos moleculares donde se activan genes específicos de la tuberización (Navarro et al., 2011). Sin embargo, no se dispone de resultados concretos que asocien la tuberización con una mayor o menor cantidad de floración.

En la Figura 6 se aprecia la producción de tubérculos por plantón, tallos y el rendimiento alcanzado. En todos los casos la mayor cantidad de tubérculos fue cuantificada por plantón, mientras que disminuyó en los tallos. Hubo diferencias estadísticas únicamente en el número de tubérculos totales por tallos, con la mayor cantidad en el Tratamiento 1, calibre 35-45 mm. Se ha señalado a las temperaturas y al fotoperiodo como los elementos del clima más importantes que influyen en el crecimiento y desarrollo de la papa (Molahlehi et al., 2013).



	Tubérculos comerciales/plantón	Tubérculos comerciales/plantón	Tubérculos totales/plantón	Tubérculos totales/tallos	Rendimiento t ha <sup>-1</sup>
ES±	0,981 <sup>ns</sup>	0.379 <sup>ns</sup>	1,054 <sup>ns</sup>	0,844*	0,352 <sup>ns</sup>

Figura 6. Producción de tubérculos y rendimiento t.ha<sup>-1</sup> Letras distintas en una misma columna difieren entre sí, Duncan (p≤0,05).

El rendimiento alcanzado superó las 22 t.ha<sup>-1</sup>, sin diferencias estadísticas entre los tratamientos, el mismo se ubica en el rango del rendimiento para Cuba entre 18 y 25 t.ha<sup>-1</sup> (MINAG, 2019a). Teniendo en cuenta que las temperaturas constituyen un factor importante dentro de las condiciones climáticas presentes, con una gran influencia en el comportamiento de los rendimientos y de acuerdo con las Figuras 2 y 3, se puede suponer que las temperaturas registradas durante el período del cultivo no fueron favorables para una buena producción y rendimiento.



Pesaje de los tubérculos en la cosecha y acopio de la producción.

Fotos: Lázaro J. Ojeda Quintana, 11 de marzo 2020.

Yuan et al. (2004), señalan que temperaturas mayores a 28°C inhiben la tuberización, y si se mantienen constantes durante toda la Fase de tuberización es posible que no haya formación de tubérculos y los estolones crezcan en forma engrosada. Sin embargo, en el trabajo se obtuvo un rendimiento superior a las 20 t.ha<sup>-1</sup>, que pudo estar influido por no constar con antecedentes de plantaciones anteriores de este tubérculo en áreas de la Empresa Cítrico “Arimao”.

La planta de papa tuberiza en días cortos y noches frías. En ella, cada brote tiene el potencial de tuberizar, y esta plasticidad inherente es definitivamente un obstáculo

biológico hacia la comprensión de los mecanismos exactos del control del proceso de tuberización (Sarkar, 2008). Además de los estolones, prácticamente todas las yemas axilares en tallos o esquejes pueden formar un tubérculo, siempre que la planta haya sido inducida a tuberizar. En las observaciones realizadas pudo observarse un porcentaje inferior al 5% en la formación de tallos laterales. Se puede presuponer que justamente esta plasticidad pudo influir en que aún en condiciones de no alcanzar una oscilación térmica favorable, la tuberización registrada fuese elevada con un rendimiento superior a las 20 t.ha<sup>-1</sup>.

Se ha demostrado que el exceso de nitrógeno disminuye los rendimientos, ya sea porque el inicio de la tuberización se retrasa por demasiado crecimiento vegetativo provocado por el exceso de este nutrimento o por el aumento en el ataque de plagas y enfermedades (Lugo, 2005). La fertilización nitrogenada aplicada fue de acuerdo al Instructivo técnico vigente, sin superar las dosis y momentos indicados en la misma.

Tirado (2014), refiere que, a mayor número de tallos por planta, mayor rendimiento productivo, sin embargo, los resultados no mostraron diferencias entre sí, independientemente de que el tratamiento 1 tuviese un mayor número de tallos por plantón.

La tuberización es un proceso morfofisiológico altamente coordinado que está influenciado por variables genéticas, fisiológicas y medioambientales (Velásquez et al., 2013) y tiene lugar en los estolones subterráneos bajo la influencia de factores extrínsecos e intrínsecos (Sarkar, 2008). Sin embargo, después de décadas de investigación aún no se dispone de un modelo único que integre todos los eventos fisiológicos, bioquímicos y moleculares que tienen lugar en la planta de papa ante la presencia de diferentes factores inductores de la tuberización. Una vez más los autores corroboran lo complejo del proceso fisiológico que encierra la tuberización de la papa y que puede en ocasiones presentar respuestas anómalas en torno a la relación planta/medio ambiente y las exigencias para completar el ciclo del cultivo.

En las observaciones sistemáticas para evaluar la incidencia de plagas y enfermedades resultaron que la misma fue muy baja. Se pudo apreciar después de los 40 días la presencia de focos ligeros de Tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary), posterior a los

50 días Costra negra (*Rhizoctonia solani* Kühn) en tallo y también en algunos tubérculos cosechados. Pasados los 65 días brotes discretos de Tizón temprano (*Alternaria solani* Sor).

En cuanto a plagas, muy esporádicamente Mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadi) y Minador (*Liriomyza trifolii* Burgess). Destacar, que en ninguno de los casos la afectación indicó un umbral de daño económico para la plantación.

Las enfermedades que más afectan la papa en Cuba son el tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont) De Bary) y el tizón temprano (*Alternaria solani* Sor.), la sarna común (*Streptomyces scabies* (Thaxt)), la rizoctoniasis (*Rhizoctonia solani* Kuhn) y las pudriciones blandas y pierna negra causadas por *Erwinia* spp, (Mayea et al., 1983), por su parte, la enfermedad más importante del follaje de la papa en la provincia de Cienfuegos es el tizón temprano (Castellanos, 2001), autores citados por Castellano (2005). Destacar que las incidencias encontradas se corresponden con lo planteado por estos autores.

## CONCLUSIONES

1. La emergencia de los tubérculos a los 21 días alcanzó el 95 %, el número de tallos por plantón mostró diferencias significativas entre los calibres, con la mayor cantidad en el calibre II-35-45 mm, lo que incidió en la densidad de plantas por hectárea obtenida.
2. La temperatura media ambiental posterior a la plantación superó los 25 °C, una amplitud térmica por debajo de los 10 °C, con el valor más estrecho en el mes de febrero (7,4 °C), que se correspondió con las fases de tuberización y engrosamiento de los tubérculos.
3. El mayor número de tubérculos fue cuantificado por plantón, mientras que disminuyó por tallos, hubo diferencias estadísticas únicamente entre el número de tubérculos totales por tallos, con la mayor cantidad en el Tratamiento 1, mientras que el rendimiento alcanzado superó las 22 t.ha<sup>-1</sup>, sin diferencias estadísticas entre los tratamientos.

## **Recomendaciones**

1. Capacitar al personal técnico y agrícola en el manejo agronómico del cultivo de acuerdo a los resultados alcanzados.
2. Extender la plantación de la variedad Santana a campañas posteriores con incrementos de la superficie a plantar.
3. Ampliar el estudio a otras variedades de papa en las condiciones edafoclimáticas de la Empresa Cítrico Arimao de Cumanayagua, Cienfuegos.

## BIBLIOGRAFIA

- Aldabe, L. & Dogliotti, S. (2006). Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo del cultivo de papa. *Revista Latinoamericana de la Papa*. (1995). 7/8:86-93.
- Aldabe, L. & Dogliotti, S. Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). [en línea]. 2010. [Consultado: 12 de mayo de 2019]. [http://www.fagro.edu.uy/~horticultura/CURSO\\_HORTICULTURA/PAPA/Manejo cultivo Papa.pdf](http://www.fagro.edu.uy/~horticultura/CURSO_HORTICULTURA/PAPA/Manejo_cultivo_Papa.pdf).
- Alvarado-Capó, Y. (2010) Producción de minitubérculos de papa var. ‘Desirée’ en casa de cultivo con sustrato zeolita a partir de plantas cultivadas in vitro. *Biotecnología vegetal* 10(4), 219-228.
- Aranda, J., Villacrés, J., García, D., Sotero, V., Vásquez, D. & Monteiro, U. (2016). Toxicidad, actividad antioxidante in vitro e hipoglicemiante in vitro e in vivo del extracto acuoso de *Juglans neotropica* diels (nogal peruano). *Peru Med Integr* ,1(4),16-24.
- Arcos, J. & Zúñiga, D. (2016). Rizobacterias promotoras de crecimiento de plantas con capacidad para mejorar la productividad en papa. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 20(1), 18-31.
- Arzola, N., Fundora, O. & Mello Prado, R. (2013). Manejo ecológico de la fertilidad del suelo. Universidad de Sao Paulo.
- Ashraf, Badr, Paul Angers & Desjardins (2011) Metabolic profiling of photoautotrophic and photomixotrophic potato plantlets (*Solanum tuberosum*) provides new insights into acclimatization. *Plant Cell Tiss Organ Cult*, 107,13–24.
- Aslam, A., Ali, A., Naveed, N. H., Saleem, A. & Iqba, I. J. (2011). Effect of interaction of 6-benzyl aminopurine (BA) and sucrose for efficient microtuberization of two elite potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars, ‘Desirée’ and ‘Cardinal’. *African Journal of Biotechnology* 10(59), 12738-12744.
- Barker, W. G. (1953). A method for the in vitro culturing of potato tubers. *Science*, 118, 384–385.

- Bolandi, A. R., Hamidi, H. & Ghavidel, R. A. (2011). The effects of size and microtuber dormancy on production of potato minitubers american- Eurasian. *J. Agric. Environ. Sci*, 10 (2), 169-173.
- Bou, J., Martínez, J. F., García, J. L. & Prat, S. (2011) Gibberellin A1 metabolism contributes to the control of photoperiod-mediated tuberization in potato. *PLoS ONE* 6(9), e24458.
- Calderón, A. L, Valvuela R, Hidalgo R, & Moreno J. D. (2008). Microtuberización in vitro de siete accesiones de papa de la colección central colombiana. *Acta Agronómica (Palmira)*, 57(3), 175-180.
- Caldiz, D. (2006). Producción, cosecha y almacenamiento de papa en la Argentina MC. Cain Argentina SA, Balcece- Basf Argentina SA. 226 pp.
- Castellanos, L. (2005). Determinación de especies hospedantes de *Alternaria solani* (Sor) en la Empresa de Cultivos Varios de horquita, cienfuegos. *Fitosanidad*, 9, (1), 15-17.
- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Guía técnica cultivo de la papa. (CENTA). (2002). [Online] Diciembre de 2009. <http://www.centa.gob.sv/documentos/guias/papa.pdf> .
- Cepeda, M. & Gallegos, G. (2003). La papa: El fruto de la tierra. Editorial Trillas.
- Chavez Arroyo, G. A. & Ramírez Rodas, A. E. (2013). Manual para la producción de semilla certificada de papa. (en línea). GT, Consultado el 1 de Abr. 2016. <http://repiica.iica.int/docs/B3943e/b3943e.pdf> .
- Coleman, W. K., Donnelly, D.J. & Coleman, S. E. (2001). Potato microtubers as research tools: a review. *American Journal of Potato Research* ,78, 47-55.
- Contreras, M. (2009). Ecofisiología del rendimiento de la planta de papa. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile. [Online] Diciembre de 2010. <http://www.argenpapa.com.ar/default.asp?id=679> .
- Daniel-Lake, B., Olsen, N., Lopez, H. & Zink, R. (2013). Eficacia de los productos controladores de la brotación de papa con el fin de disminuir la producción de brotes.

- North American Plant protection Organization, 1-20 [citado 2020 diciembre 14]. [https://www.nappo.org/files/7714/4042/7463/Potato\\_sprout\\_inhibition\\_ST\\_s.pdf](https://www.nappo.org/files/7714/4042/7463/Potato_sprout_inhibition_ST_s.pdf).
- De Almeida, F. M., Arzuaga, J., Torres, W. & Cabrera, J. A. (2016). Efectos de diferentes distancias de plantación y calibres de tubérculos-semilla sobre algunas características morfo-productivas de la papa en Huambo, Angola. *Cultivos Tropicales*, 37(2), 88–95.
- Dencás, J. A. (2019). Comportamiento de la distribución de asimilados en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Romano en la Empresa de Cultivos Varios, V. I. Lenin de Matanzas. (Trabajo de Diploma). Universidad de Matanzas.
- Devaux, A. (2018). Tecnología e innovaciones de papa como puente crítico para responder a los desafíos de seguridad alimentaria y promover los agronegocios en América Latina. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 22(1), 5 – 9.
- Devaux, A., Ordinola, M., Hibon, A. & Flores, R. (2010). El sector papa en la región andina: Diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú). Centro Internacional de la Papa.
- Duncan D. B. 1955. Multiple Range and Multiple F Tests. *Biometrics*, 11(1), 1–42. doi:10.2307/3001478
- Egusquiza, B. (2000). La papa producción, transformación y comercialización. Centro Internacional de la Papa.
- Estévez, A. (1996). El mejoramiento genético de la papa. En: Curso internacional de refrescamiento en el cultivo de la papa para Latinoamérica, IAC-Holanda y MINAGRI Cuba.
- Estévez, A., González, M. E., Castillo, J., Cordero, M., Ortiz, E., Ortiz, V., Hernández, M. M. & Quiñones, Y. (2006). Obtención de variedades de papa tolerantes al estrés biótico y abiótico. Informe final proyecto PNCT. Cod. 015 –00077. INCA.
- Ewing, E. E. & Struik. P. C. (1992). Tuber formation in potato: induction, initiation and growth. *Hort*, 14, 89–198.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). (2008). Boletín especial de la FAO, 21.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). (2010). Boletín especial de la FAO, 24.
- . Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). (2013): World food and agriculture. [en línea]. (ser. FAO statistical yearbook), Ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013, Roma, Italia, 307. ISBN 978-92-5-107396-4, [Consultado: 18 de noviembre de 2019]. <http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e00.htm>
- Farooq, K. (2005). Use of true potato seed for better yields. (Tesis Doctoral). University of Arid Agriculture).
- Gámez, Y. (2017). Efecto del número de tallos en el crecimiento y rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) cultivar Royal (Tesis de Grado). Universidad Central de Las Villas.
- Granitto, G. M. (2019). Guía didáctica: Cultivo y manejo de la papa. Gamboa, 2019. En. Centro Internacional de la Papa (CIP). 1996. Informe Anual del Centro Internacional de la Papa. Lima.
- Hans, M. G, Schipper, E. & Schipper, J. K. (2007). Netherlands catalogue of potato varieties.
- Haverkort, A. J. & Verhager, A. (2008). Climate change and its repercussions for the potato supply Chain. Potato Research, 51, 223-227. ISSN 1871-4528.
- Hawkes, J. G. (1990). The potato: evolution, biodiversity and genetic resources. Belhaven Press, London.
- Hawkes, J. G. (1991). La historia e influencia social de la patata. Introducción a la edición revisada de “The History and Social Influence of the Potato” (Solanum, 1949). Centro de Publicaciones del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.
- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D. & Castro, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. Mayabeque, Ediciones INCA. Instituto de Suelos.
- Hernández, H. (2013). Efecto de diferentes dosis y momentos de aplicación de quitosana sobre algunas variables del crecimiento y desarrollo del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Spunta en condiciones de campo. Universidad de Matanzas.

- Hijmans, R. (2003). The effect of climate change on global potato production. *American Journal of Potato Research*, 80, 271-280.
- Hijmans, R. J. & Spooner, D. M. (2001). Geographic distribution of wild potato species. *American Journal of Botany*, 11, 2101-2112.
- Hoque, M. E. (2010). In vitro tuberization in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Omics Journal* 3(1), 7-11
- Hosaka, K., de Zoeten, G. A. & Hanneman, R. E. (1988). Cultivated potato chloroplast DNA differs from the wild type by one deletion: evidence and implications. *TAG*, 75, 741-745.
- Human, Z. (1980). Botánica sistemática y morfológica de la papa. *Boletín de información genética. CIP.* (6), 5 – 23.
- Jackson, S. D. (1999). Multiple Signaling Pathways Control Tuber Induction in Potato. *Plant Physiol*, 119, 1-8.
- Jara, J. (1999). Relaciones agua, planta, producción. En: XI as Jornadas de Extensión Agrícola. (21 – 22 de octubre, 1999, Temuco, Chile). *Avances en Tecnología de Riego y Mecanización.* (Temuco, Chile). Universidad Católica de Temuco, 30 – 34.
- Jaramillo, D. (2001). Comportamiento histórico de las principales plagas y enfermedades que han incidido en el cultivo de la papa en el Valle del Yabú. (Tesis de Maestría). Universidad Central de Las Villas.
- Kalazich, J. (1993). Nuevas variedades de papa, objetivos, aptitudes y usos. En: 5° Jornada de extensión Agrícola. “Manejo Agronómico del Cultivo de Papa y las perspectivas de mercado”. Universidad Católica de Temuco, Chile.
- 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. Haverkort y D.K.L. MacKerron (Eds.) *Potato Ecology and modeling of crops under conditions limiting growth*, Kluwer Academic Publishers, 379.

- Lewis, C. E., Walker, J. R., Lancaster, J. E. & Conner, A. J. (1998). Upregulation of antocyanin, flavonoid and phenolic acid biosynthesis a potato minitubers in vitro. *Aust J Plant Physiol* 25, 915- 922.
- López Fleites, R. (2017). El cultivo de la papa. Conferencia impartida en la Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central de Las Villas.
- López, L. (2019). Comportamiento de la distribución de asimilados en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Spunta en la Empresa de Cultivos Varios V.I. Lenin de Matanzas. Universidad de Matanzas.
- López, M., Vázquez, E. & López, R. (1995). Raíces y tubérculos. Ciudad de La Habana. Pueblo y Educación.
- Lorenzo, P. (1990). Composición nutricional de la papa. *El Cultivo de la Papa en Cuba*. T 1, pp. 26-34.
- Lugo, I. (2005). Posibilidades de ahorro de fertilizantes y disminución de la contaminación ambiental en Empresas de Cultivos Varios. (Trabajo de Diploma). Universidad Central de Las Villas.
- Manso, F. (2009). Informe final de la campaña de papa 2008 – 2009. MINAGRI, Cuba. 32 p.
- Martín, R. & Jeréz, E. (2015). Evaluación del rendimiento en papa (*Solanum tuberosum* L.) a partir del comportamiento de las temperaturas. *Cultivos Tropicales*, 36(1), 93-97.
- Méndez, P. (2009) Plantación de papa y efecto de tallo en la producción. Manual de papa en la Aruaucania, Centro Regional Carillanca 18 -27 pp.
- MINAG (2018). Balance técnico de la campaña de papa 2017-2018. Directivas de trabajo para la campaña 2018-2019. Dirección de Agricultura MINAG. 90 p.
- Ministerio de Agricultura (2019a). Directivas de trabajo para la Campaña Papera 2019 2020. MINAG.
- Ministerio de Agricultura (2019b). Instructivo para la producción de papa en Cuba. MINAG.
- Miranda, Y., Álvarez, A., & Ulloa, C. (2017). Efecto de la variabilidad climática en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en la CPA “Amistad Cubano – búlgara”. *Investigación y Saberes*, 3(3), 45-64.

- Molahlehi, L., Steyn, J. M., & Haverkort, A. J. (2013). Potato Crop Response to Genotype and Environment in a Subtropical Highland Agro-ecology. *Potato Research*, 56(3), 237–58.
- Montaldo, A. (1984). Cultivo y Mejoramiento de la papa. IICA. CIDIA. San José.
- Mora, A. (2000). Análisis agroeconómico de sistemas de fertilización y evaluación del comportamiento de dos variedades locales y tres variedades holandesas en el Centro Agropecuario Marengo, Mosquera Cundinamarca. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja.
- Muñoz, A. (2010). Cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. (en línea) EC. Consultado 15 febrero 2020. [http://www.agrytec.com/agricola/index.php?option=com\\_content&view=article&id=281:cultivo-de-papa-solanum-tuberosum&catid=43:articulos-tecnicos&Itemid=46](http://www.agrytec.com/agricola/index.php?option=com_content&view=article&id=281:cultivo-de-papa-solanum-tuberosum&catid=43:articulos-tecnicos&Itemid=46) .
- Naik, P. S. & Karihaloo, J. L. (2007). Micropropagation for production of quality potato seed in Asia-Pacific. Asia-Pacific Consortium on Agricultural Biotechnology. New Delhi.
- Navarro, C., Abelenda, J. A., Cruz-Oró, E., Cuéllar, C. A., Tamaki, S., Silva, J., Shimamoto, K. & Prat, S. (2011). Control of flowering and storage organ formation in potato by FLOWERING LOCUS T. *Nature* 478 (7367), 119-22.
- Ochoa, C.M. 1999. Las papas de Sudamérica. Centro internacional de la Papa.
- Olteanu, G., Bujuc, M., Puic, I. & Aldea, C. (2010). New aspects of climatic changes in Central area of Romania. *Potato Research*, 53, 393-419.
- Oficina Nacional de Estadística e Información. República de Cuba. (ONEI) (2019). Sector agropecuario. Indicadores seleccionados. República de Cuba.
- Parra, Á. L. (2003). Estudio de los parámetros agronómicos y agrotécnicos de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* Lin) útiles para la mecanización en el proceso de cosecha (Trabajo de Diploma). Centro Universitario Vladimir I Lenin.
- Portela Díaz, Y. (2010). Determinación de índices fisiológicos del crecimiento en variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) obtenidas por métodos biotecnológicos. (Tesis Grado).Universidad de Las Villas.

- Quiroz, R. (2012). Potato. En: Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., Raes, D. Crop yield response to water. Irrigation and Drainage Paper 66. FAO. Rome, Italy.
- Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-L) (2008). La papa un Alimento Básico. Posibles impactos frente a la introducción de papa transgénica. UY.
- Rodríguez, L. E. & Moreno, L. P. (2010). Factores y mecanismos relacionados con la dormancia en tubérculos de papa. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 28 (2),189.
- Rodríguez, M. (1983). La botánica en la papa. MINAGRI, 7 – 9.
- Rodríguez, M. (1990). Botánica. El cultivo de la papa en Cuba. Tomo I. Ciudad de La Habana, 10 - 25.
- Rojas, J. S. & Kalasich, J. (1996). Semilla botánica de papa, promesa tecnológica para el Siglo XXI. En: Evento Científico Producción de papa con semilla botánica. Chile: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), 20.
- Román, M; Hurtado, G. (2002). La Papa. Centro Nacional De Tecnología Agropecuaria y Forestal. 34.
- Sarkar, D. (2008) The signal transduction pathways controlling in planta tuberization in potato: an emerging synthesis. *Plant Cell Rep* 27, 1-8.
- Scherwinski, P., & Luces, G. R. (2004) Organogênese de ápices meristemáticos de batata em meios de isolamento e multiplicação in vitro. *Horticultura Brasileira* 22(2), 197-201.
- Sepúlveda, P et al. 1999. Efecto de diferentes niveles de humedad en el suelo sobre el desarrollo del carbón de la papa (*Angiosorus solani*) en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum*) bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica*. 60(4),313 – 319.
- Solís, 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”. *Latinoamericana de la Papa*, 18, 1, 157-171.

- Sood, M. C. & Singh, N. (2003). Water Management. En: Khurana, S.M.P., Minhas, J.S., Pandey, S.K., eds. The potato: Production and utilization in SubTropics. Nueva Delhi, India, Mehta Publishers, 111-120.
- Tirado, R. 2014. Evaluación del rendimiento de clones avanzados de papa (*Solanum tuberosum* L.) con pulpa pigmentada –Cajamarca. (Tesis de Grado). Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Lambayeque, Perú.
- Tolaba, A., & Lizana, C. (2000). Efecto del aumento de temperatura en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* spp. *tuberosum*). Proyecto “Efectos de alta temperatura en la papa (*Solanum tuberosum* L.) y rasgos asociados con la tolerancia al estrés por calor”. Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
- Velásquez F., Mendoza R., & Aliaga I. (2013). Inhibición del brotamiento de tubérculos de papas nativas (*Solanum* sp) durante el almacenamiento postcosecha. *Agroind Sci*, 3(1),53-8.
- Visser, R., Bachem, C., de Boer, J., Bryan, G., Chakrabati, S., Feingold, S., Gromadka, R., Van Ham, R., Huang, S., Jacobs, J., Kuznetsov, B., de Melo, P., Milbourne, D., Orjeda, G., Sagredo, B. & Tang, X. (2009). Sequencing the potato genome: outline and first results to come from the elucidation of the sequence of the world’s third most important food crop. *American Journal of Potato Research*. <http://www.potatogenome.net> >.
- Vreugdenhil, D.; Bradshaw, J.; Gebhardt, C.; Govers, F.; MacKerron, D.; Taylor, A. & Heather, A. (2007). *Potato biology and biotechnology: Advances and perspectives*. Elsevier, Amsterdam.
- Wattimena, G. A. (1983) Micropropagation as an alternative technology for potato production in Indonesia. Ph.D. (Tesis de Grado). Univ Wisconsin-Madison.
- Wolf, J., & Van Oijen, M. (2003). Model simulation of effects of changes in climate and atmospheric CO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> on tuber yield potential of potato (cv. Bintje) in the European Union. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 94, 141- 157.
- Zulzer, S. 2008. La papa versátil y nutritiva. En: *La papa cultivo de futuro*. Correo de Bayer CropScience, 18 – 11.