



# EFECTOS DE DIFERENTES DISTANCIAS DE PLANTACIÓN Y CALIBRES DE TUBÉRCULOS-SEMILLA SOBRE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS MORFO-PRODUCTIVAS DE LA PAPA EN HUAMBO, ANGOLA

**Effects of different plant spacings and seed tuber sizes on some morpho-productive characteristics of potato in Huambo, Angola**

**Fernando M. de Almeida<sup>1</sup>✉, Jorge Arzuaga Sánchez<sup>2</sup>,  
Walfredo Torres de la Noval<sup>2</sup> y Juan A. Cabrera Rodríguez<sup>2</sup>**

**ABSTRACT.** The present investigation was carried out in Huambo province, Angola, from October 2011 up to January 2014, with the objective of evaluating the effect of four plant spacings and three seed tuber sizes on some morpho-productive characteristics of potato cv. Romano. Row spacing was of 90 cm whereas plant spacings of 15, 20, 25 and 30 cm were studied along with seed tuber sizes of 28-35 mm, 35-45 mm and 45-55 mm, for a total of 13 treatments, including a control and a reference control. The evaluated variables were plant height, stem diameter and stem number per square meter, leaf area and total yield. Results showed that, under the soil and climatic conditions of Huambo, stem diameter and leaf area, 75 days after planting (DAP), were benefited by extending plant spacing and using greater seed tuber sizes. However, plant height and stem number increased when reducing plant spacing. On the other hand, average yields of 16,4 t ha<sup>-1</sup> were achieved by using seed tuber sizes of 35-45 mm at a plant spacing of 90 x 30 cm.

**RESUMEN.** Durante el periodo comprendido desde octubre hasta enero de los años 2011-2014, se realizó la presente investigación en la provincia de Huambo, Angola, con el objetivo de evaluar el efecto de cuatro distancias de plantación y tres calibres de tubérculos-semilla, sobre algunas características morfoproductivas de la papa, variedad Romano. La distancia entre surcos fue de 90 cm y se estudiaron las distancias entre plantas de 15, 20, 25 y 30 cm, combinadas con calibres de tubérculos-semilla de 28-35 mm, 35-45 mm y 45-55 mm, para un total de 13 tratamientos estudiados, que incluyeron un testigo y un testigo de referencia. Las variables evaluadas fueron la altura, el diámetro, el número de tallos por metro cuadrado, el área foliar y el rendimiento total. Los resultados demostraron que bajo las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Angola; el diámetro del tallo y el área foliar a los 75 días después de la plantación (ddp), se beneficiaron al aumentar la distancia de plantación y el uso de calibres con mayor tamaño. Por el contrario, la altura y el número de tallos aumentaron con la disminución del espacio. Por otro lado, con el empleo de calibres entre 35-45 mm, a una distancia de plantación de 90 x 30 cm, se obtuvieron rendimientos promedio de 16,4 t ha<sup>-1</sup>.

**Key words:** deficit, plant density, potato, morphology, seeds

**Palabras clave:** déficit, densidad, papa, morfología, semillas

## INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es el cultivo principal, entre aquellos que producen raíces y tubérculos y el tercer cultivo alimenticio más importante del mundo, después del arroz y el trigo. Su cosecha se realiza en más de 125 países, además de ser consumido por más de un billón de personas (1).

<sup>1</sup>Universidad "José Eduardo dos Santos", en Chianga, Huambo, Angola

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32 700.

✉ fernandomanueldealmeida@yahoo.com

Este cultivo tiene una amplia aceptación y muchas familias dependen de la misma como fuente primaria y secundaria de alimentación y nutrición. Es muy nutritiva, ya que es rica en proteína, calcio, potasio y vitamina C, además de tener un buen balance de aminoácidos. Es muy productivo y produce más alimento per cápita en tiempo y espacio que el trigo, el arroz y el maíz (2).

China, India y la Federación Rusa, figuran entre los países de mayor producción en el mundo; sin embargo, los rendimientos más altos se encuentran entre 41 y 45 t ha<sup>-1</sup> concentrados, fundamentalmente, en Holanda, Alemania y los Estados Unidos (3).

Particularmente en África, durante las últimas décadas, la producción de papa que se ha comercializado tuvo incrementos, desde 2 millones de toneladas en 1960, hasta una cifra cercana a 16,7 millones de toneladas en el 2007, con un rendimiento promedio de 10,8 t ha<sup>-1</sup>, a pesar de ser desarrollada en un rango amplio de condiciones edafoclimáticas. Egipto, Malawi, Sudáfrica y Argelia aportan el 59 % de la papa que se produce en África.

Dentro del continente africano, Angola dedica alrededor de 120 000 ha al cultivo de la papa, con una producción promedio de 615 000 toneladas; particularmente en la provincia de Huambo, es significativa la producción y la superficie dedicada al cultivo, con un rendimiento promedio anual entre 5 y 7 t ha<sup>-1</sup> y es extensivo a lo largo y ancho del país, tanto para el sector campesino como el privado. Estos son aún muy bajos si se comparan con los que se obtienen en Sudáfrica, los cuales se encuentran entre 24 a 34 t ha<sup>-1</sup> (3).

Son varios los factores que pudieran influir en los bajos rendimientos de las producciones de papa en Angola y dentro del país, en Huambo. La agrotecnia constituye uno de ellos, la cual es aplicada por los pequeños productores totalmente manual, excepto la preparación del suelo. Lo anterior hace pensar que el factor agrotécnico y humano pueden ser las causas de los bajos rendimientos. Investigaciones llevadas a cabo en Turquía y Brasil brindan resultados sobre el incremento de los rendimientos del cultivo cuando son respetados los criterios agrotécnicos (4, 5).

Durante el proceso productivo del cultivo en Angola y, particularmente en Huambo, los marcos de plantación son muy diversos y aún no se ha llegado a un consenso, pues cada productor utiliza la distancia de acuerdo a sus criterios. Por otro lado, los tubérculos-semilla deben ser clasificados en un mayor número de tamaños con la finalidad de uniformizar la densidad de los tallos y la altura de las plantas, así como facilitar el manejo y otras labores culturales con el fin de maximizar el rendimiento (6).

Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación se desarrolló con el objetivo de determinar el efecto de cuatro distancias de plantación

y tres calibres de tubérculos-semilla sobre algunas características morfoproductivas del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*, L.) variedad Romano, en la provincia Huambo, Angola.

## MATERIALES Y METODOS

La investigación se desarrolló en el Centro Experimental de Chianga, perteneciente al Instituto de Investigación Agronómica (IIA), ubicada en la provincia de Huambo en Angola, en el periodo comprendido desde octubre hasta enero durante los años 2011-2014, sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado, típico, dístico (7), catalogado como Acrisol dístico y ródico, en correspondencia con la "World Reference Base" (8). Este posee algunos factores limitantes que resultan de las características edafológicas naturales del mismo, como la acidez, el bajo contenido en materia orgánica, el alto contenido de fósforo asimilable y de mediano a pobre contenido de potasio asimilable.

Durante el desarrollo del experimento, el comportamiento del clima en la provincia Huambo fue adecuado para el desarrollo del cultivo. La temperatura media anual osciló entre 19 y 20 °C, con valores máximos mensuales de precipitaciones equivalentes a 180 mm y una humedad relativa que osciló entre 60 y 80 %.

Se utilizó el cultivo de la papa, variedad Romano de producción local, sobre un diseño de bloque al azar con arreglo factorial, donde los factores fueron:

**Factor A:** calibres de tubérculos-semilla (28-35 mm, 35-45 mm y 45-55 mm).

**Factor B:** distancias entre plantas (15, 20, 25 y 30 cm) y entre surcos de 90 cm.

El tratamiento testigo lo constituyó la distancia de plantación y el calibre que utilizan frecuentemente los productores en Huambo (distancia entre plantas de 20 cm con calibre del tubérculo-semilla entre 28-35 mm). Se empleó, además, un testigo de referencia que tuvo similar combinación de los factores que en el tratamiento testigo, con la diferencia en la aplicación del fertilizante mineral, pues en el mismo se aplicó manualmente solo una dosis de 600 kg ha<sup>-1</sup> de la fórmula 12-24-12, que es lo que tradicionalmente utilizan los productores en la región. Sin embargo, en el resto de los tratamientos, además de esta aplicación, se adicionó 220 kg ha<sup>-1</sup> de KCl, en el momento de la plantación y 132 kg ha<sup>-1</sup> de N en forma de urea (290 kg ha<sup>-1</sup>) a los 30-35 días después de la plantación, de forma tal que se aportaron en total 205, 144 y 204 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente.

Producto de la combinación de los factores, sus niveles y los tratamientos testigos, se estudiaron un total de 13 tratamientos dispuestos en cuatro réplicas (Tabla I).

**Tabla I. Descripción de los tratamientos del experimento**

Tratamientos	Calibre (mm)	Distancia entre plantas (cm)	Distancia entre surcos (cm)
1	28-35	15	
2 (testigo)	28-35	20	
3	28-35	25	
4	28-35	30	
5	35-45	15	
6	35-45	20	
7	35-45	25	
8	35-45	30	90
9	45-55	15	
10	45-55	20	
11	45-55	25	
12	45-55	30	
13 (testigo de referencia)	28-35	20	

Las labores culturales, excepto la preparación del suelo, como la plantación, la limpia de arvenses, el control de plagas y la cosecha, se desarrollaron de forma manual, según las normas de producción de hortalizas del Ministerio de la Agricultura de Angola<sup>A</sup>. La satisfacción de las demandas hídricas del cultivo dependió de las ocurrencias de las precipitaciones, durante el periodo experimental explícito en el párrafo ya mencionado.

Las variables morfoproductivas evaluadas fueron:

**Altura del tallo (cm):** se evaluaron 20 plantas por parcela a los 60-65 días después de la plantación (ddp), tomando el tallo de mayor altura y medido desde la base hasta la yema apical, con el uso de una regla graduada.

**Diámetro del tallo principal (mm):** Se evaluaron 20 plantas por parcelas a los 60-65 días después de la plantación (ddp), tomando el tallo de mayor altura y medido a 10 cm de superficie del suelo, con el uso de un pie de rey digital con  $\pm 0,1$  mm de error.

**Número de tallos/m<sup>2</sup>:** por medio de un conteo visual, se contabilizaron 20 plantas por parcela y la cantidad de tallos por planta a los 60-65 días después de la plantación (ddp). Se determinó el área que ocupa cada planta, según la distancia de plantación y se calculó la cantidad de tallos por m<sup>2</sup>.

**Área foliar (dm<sup>2</sup>):** la determinación de la superficie foliar estimada se calculó a partir de un muestreo realizado a 20 plantas tomadas al azar a partir de las medidas lineales de sus hojas (largo y ancho y el producto de ambas) a los 30, 60 y 75 ddp, estimándose la superficie foliar, a partir de la ecuación de regresión previamente

obtenida ( $y=0,89x+2,75$ ), donde x, representa el producto del largo por el ancho y los valores dentro de la función, parámetros de la ecuación lineal, su pendiente y el intercepto con el eje y. La misma se obtuvo a partir de las medidas lineales de sus hojas, de forma no destructiva y considerando los estudios antecedentes (9), particularizando en la variedad utilizada en el presente estudio.

**Rendimiento estimado total (t ha<sup>-1</sup>):** se obtuvo a partir de la división de la masa total de los tubérculos entre 1000 kg (una tonelada), cuyos resultados fueron divididos entre el área cosechada (en hectáreas).

Se realizó el análisis estadístico de la información resultante de las evaluaciones, a partir del diseño empleado, para lo cual los datos se procesaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) de clasificación doble y se realizó la comparación múltiple de medias, mediante la prueba de Rangos Múltiples de Duncan en los casos de diferencias significativas, con el uso del paquete estadístico STATGRAPHICS PLUS versión 5.1 (10).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza factorial mostró diferencias estadísticas significativas entre los factores estudiados para las variables morfológicas evaluadas, la altura, el diámetro y el número de tallo por metro cuadrado; por tanto, existió interacciones entre los mismos. En la Tabla II se presentan los resultados del análisis estadístico, donde se obtuvieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en las tres variables estudiadas.

### Altura del tallo

Los mayores valores de altura del tallo se registraron en las plantas que se establecieron con los calibres 28-35 mm y 35-45 mm, plantados a distancia entre plantas de 15 cm, sin diferencias significativas entre los mismos, seguido del tratamiento donde se plantó el cultivo con calibres de tamaño 45-55 mm, plantados a igual distancia entre plantas que los anteriores. Por el contrario, la menor altura se evaluó en las plantas establecidas en el tratamiento testigo, sin diferencias significativas con el tratamiento, donde las plantas se desarrollaron a partir del establecimiento del cultivo con tubérculos-semillas de calibres 45-55 mm plantadas a distancia entre plantas de 30 cm.

En correspondencia con los resultados anteriormente descritos, se pudo observar que para los tres calibres empleados, en la medida que disminuye la distancia de plantación, aumenta la altura del tallo; no obstante, los mayores valores promedios se evaluaron con los menores calibres.

<sup>A</sup>Ministério de la Agricultura de Angola. *Alguns procedimentos técnicos e recomendações para pequenos e médios produtores de culturas das Hortalizas nas zonas rurais de Angola*. 1980, Documento Base, 20 p.

**Tabla II. Influencia de diferentes calibres de tubérculos-semilla y distancia de plantación, sobre algunas características morfológicas del cultivo de la papa**

Tratamientos	Altura del tallo (cm)	Diámetro del tallo (mm)	Número de tallos/m <sup>2</sup>
28-35 mm x 15 cm	58,22 a	8,65 g	17,29 de
28-35 mm x 20 cm (testigo)	56,38 c	8,987 f	12,82 gh
28-35 mm x 25 cm	51,03 e	9,30 e	12,73 h
28-35 mm x 30 cm	48,36 h	10,06 c	10,67 hi
35-45 mm x 15 cm	58,74 a	9,41 e	26,20 b
35-45 mm x 20 cm	54,96 d	9,74 d	19,59 cd
35-45 mm x 25 cm	50,05 f	10,05 c	15,77 ef
35-45 mm x 30 cm	47,78 hi	11,03 b	13,56 fg
45-55 mm x 15 cm	57,56 b	9,39 e	38,58 a
45-55 mm x 20 cm	54,84 d	9,86 cd	27,42 b
45-55 mm x 25 cm	49,28 g	9,85 cd	21,81 c
45-55 mm x 30 cm	47,50 i	11,46 a	18,67 de
28-35 mm x 20 cm (testigo de referencia)	46,11 i	8,71 fg	9,20 i
ES±	0,3775**	0,0790**	0,6843**

Medias con letras diferentes en una misma columna difieren significativamente para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Duncan

Estos resultados pueden estar relacionados con el efecto del autosombreo que se produce entre las plantas con mayor densidad de plantación y el consecuente incremento de la concentración de auxina, al reducirse la luminosidad que incide sobre estos tejidos, provocando un alargamiento celular que se origina, pues en condiciones de sombra el ácido indolacético se incrementa y actúa sinérgicamente con las giberelinas (11).

Investigaciones realizadas sobre este tema, determinaron que al incrementar la densidad de población, aumentó la altura de la planta, desde los 30 DDP hasta los 75 DDP; además, las plantas establecidas a menor densidad, crecieron 31 % menos que las plantas establecidas a mayor densidad de plantación (12).

#### Diámetro del tallo

A diferencia de lo descrito con la altura del tallo, el mayor diámetro del tallo se encontró en el tratamiento plantado con el mayor calibre del tubérculo-semilla y la mayor distancia de plantación estudiada, seguido del tratamiento cuyos tubérculos se plantaron a igual distancia entre plantas pero con calibre de 35-45 mm, con diferencias estadísticas significativas entre ellos. Por otro lado, los valores más bajos de esta variable se registraron en el tratamiento testigo, sin diferencias estadísticas significativas con los tratamientos donde se plantó el cultivo con calibre entre 28-35 mm y distancias entre surcos de 15 y 20 cm.

Por los resultados en esta variable, se puede inferir el efecto de los factores estudiados sobre el diámetro del tallo. En este contexto, el diámetro del tallo en la planta de papa y al igual que en otros cultivos, constituye un indicador del crecimiento vegetativo, lo cual significa que las plantas lograron un mayor vigor vegetativo cuando se utilizó un mayor calibre con menor densidad de plantación. Se evaluó, además,

una dinámica diferente a lo descrito en la altura, porque para los tres calibres empleados, en la medida que disminuye la distancia de plantación, disminuye el diámetro del tallo y los mayores diámetros de este se evaluaron en los mayores calibres plantados.

#### Número de tallos por metro cuadrado

En el tratamiento cuyas plantas estuvieron desarrolladas a partir de calibres 45-55 mm con distancia entre plantas de 15 cm, produjeron la mayor cantidad de tallos con un promedio de 38,58 tallos m<sup>2</sup>, seguidas de aquellas establecidas con igual calibre, pero plantadas a una distancia de 20 cm entre plantas, con diferencias estadísticas significativas entre ellas.

Por otro lado, el menor número de tallos se produjo en las plantas que se establecieron en el tratamiento testigo, sin diferencias estadísticas significativas con las desarrolladas a distancia de 30 cm y plantadas con calibres de tubérculos 30 cm.

Por lo general, dentro de un mismo calibre, en la medida que disminuye la distancia de plantación, aumenta el número de tallos por unidad de superficie y esta variable se observó favorecida a mayores calibres.

La mejor manera para determinar el número de tallos óptimos para un área específica, es experimentar con diferentes distancias de plantación y tamaño de tubérculo usando para ello las variedades cultivadas comúnmente en la zona. En este contexto, se demostró la importancia de reconocer la influencia del tamaño de los calibres en el número de tallos por metro cuadrado, siendo este un indicador morfoproductivo que define los resultados finales del cultivo, por la relación directa que existe entre el número de tallos y la producción de tubérculos que tributan al rendimiento final<sup>B</sup>.

<sup>B</sup> Montes de Oca, F. M. *Guía para la producción, comercialización y uso de semilla de papa de calidad*. PNTR-INIAP-Proyecto Fortipapa, 2005, p. 40.

Experiencias desarrolladas sobre este tema, demostraron que la cantidad de tubérculos por planta se incrementó con el aumento del número de tallos, mientras el tamaño medio del tubérculo comercial se redujo considerablemente (13).

### Comportamiento del área foliar

El análisis de varianza factorial no mostró diferencias estadísticas significativas entre los factores para esta variable a los 30 días después de la plantación (Tabla III). Por tanto, parece ser que los calibres empleados y la distancia entre plantas usadas, no influyeron en el área foliar de la planta en este período. Además, no fue significativa ninguna de las interacciones entre los factores en estudio sobre este indicador, para un nivel de confianza del 95 %.

Los resultados pueden estar relacionados con el escaso desarrollo vegetativo que poseen las plantas de papa a los 30 días después de plantada, tiempo en que aún la altura del tallo no rebasa los 30 cm; sin embargo, el análisis estadístico factorial en los periodos evaluados a los 60 y 75 ddp, mostró diferencias estadísticas significativas entre los factores para esta variable (Tabla IV).

**Tabla III. Influencia de diferentes calibres de tubérculos-semilla y distancia de plantación sobre el área foliar, a los 30 días después de la plantación en el cultivo de la papa**

Factores	Área foliar (dm <sup>2</sup> )
<b>Calibres</b>	
28-35 mm	6,41
35-45 mm	6,97
45-55 mm	6,75
ES±	0,3457 NS
<b>Distancia entre plantas</b>	
15	6,93
20	6,77
25	6,71
30	6,43
ES±	0,4061 NS

Medias con letras diferentes en una misma columna difieren significativamente para  $p \leq 0,05$  según Prueba de Rangos Múltiples de Duncan

A los 60 ddp no hubo diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, por lo tanto, tuvieron una superficie foliar similar, a pesar de estar plantados a diferentes densidades de plantación y calibres de tubérculos-semilla; sin embargo, a los 75 ddp se obtuvo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

Esta variable mostró los mayores valores a los 60 ddp, con una media general de 30,11 dm<sup>2</sup>, que disminuyó a 19,49 dm<sup>2</sup> a los 75 ddp. En ambos periodos evaluativos, en la medida que aumentó la distancia de plantación, aumentó el área foliar en todos los calibres estudiados.

**Tabla IV. Influencia de diferentes calibres de tubérculos-semilla y distancia de plantación sobre el área foliar (dm<sup>2</sup>) en el cultivo de la papa a los 60 y 75 días después de la plantación (ddp)**

Tratamientos	60 ddp	75 ddp
28-35 mm x 15 cm	33,02	18,05 b
28-35 mm x 20 cm (testigo)	27,06	19,19 b
28-35 mm x 25 cm	26,86	19,40 b
28-35 mm x 30 cm	27,48	20,39 ab
35-45 mm x 15 cm	31,39	19,11 b
35-45 mm x 20 cm	31,49	19,13 b
35-45 mm x 25 cm	32,13	20,73 ab
35-45 mm x 30 cm	33,66	22,10 a
45-55 mm x 15 cm	28,40	18,08 b
45-55 mm x 20 cm	29,53	19,20 ab
45-55 mm x 25 cm	29,95	19,67 ab
45-55 mm x 30 cm	30,92	20,33 ab
28-35 mm x 20 cm (testigo de referencia)	26,05	18,01 b
ES±	0,9633 ns	0,2617 **

Medias con letras diferentes en una misma columna difieren significativamente para  $p \leq 0,05$  según Prueba de Rangos Múltiples de Duncan

Lo anterior puede estar relacionado con la disminución de la competencia interespecífica por efecto de la distancia empleada entre plantas, de manera que las plantas mostraron mayor superficie foliar, en correspondencia con un mayor espaciamiento entre ellas.

De igual forma, se alcanzó una mayor superficie foliar en las plantas establecidas con calibre de 35-45 mm, plantadas a 30 cm de distancia entre plantas y la menor superficie foliar con el empleo de los calibres más pequeños estudiados incluyendo al testigo de más bajo valor en esta variable. Esto puede estar relacionado con la relación que existe entre el calibre de los tubérculos-semillas empleados y el número de tallos, pues por lo general los calibres pequeños originan menor cantidad de brotes y, con ello, menor cantidad de tallos, que al mismo tiempo pueden originar menor área foliar y todo eso influye de forma importante en el rendimiento.

Algunos experimentos han obtenido disminución del área foliar desde 28,79 dm<sup>2</sup> cuando plantaron el cultivo a distancia entre plantas de 40 cm, hasta 17,67 dm<sup>2</sup> con distancia de 10 cm e influencia en el rendimiento comercial, por obtener una disminución desde 21,19 t ha<sup>-1</sup> hasta 18,27 t ha<sup>-1</sup> (14).

De forma general, en todos los tratamientos se logró un ritmo creciente de este indicador desde los 30 ddp hasta los 60 ddp, a partir del cual los valores decrecen hasta los 75 ddp. Ello se debe a que esta variedad es de ciclo semi-precoz con una duración promedio del ciclo de vida de 90 días. De manera que, a partir de los 70-75 ddp disminuyó el desarrollo vegetativo y, con ello, el crecimiento de nuevas hojas, el envejecimiento de otras y la disminución de la superficie

foliar. Investigaciones realizadas sobre el tema con la variedad *Tollocan*, registraron valores de área foliar en el tratamiento testigo frente a concentraciones salinas a los 50 ddp y 80 ddp de 31,52 cm<sup>2</sup> y 25,20 cm<sup>2</sup>, respectivamente (15).

Una intercepción eficiente de la radiación incidente sobre la superficie del cultivo requiere una adecuada área foliar, distribuida uniformemente para lograr una cobertura completa del suelo. Esto se hace posible con el manejo adecuado de la densidad de plantas y su distribución sobre la superficie del terreno.

Por la importancia que posee el análisis del área foliar en la producción de fotoasimilados para el crecimiento y desarrollo del cultivo, los resultados de la presente investigación demuestran la importancia de considerar la distancia de plantación y el calibre de los tubérculos semillas en el desarrollo del cultivo de la papa.

**Rendimiento estimado total**

Los mayores rendimientos se obtuvieron en los tratamientos plantados a distancia entre plantas de 30 cm en los tres calibres estudiados, con los mayores valores en el tratamiento establecido con calibre de tamaño 35-45 mm, en el que se obtuvo un rendimiento promedio de 16,34 t ha<sup>-1</sup> (Figura).

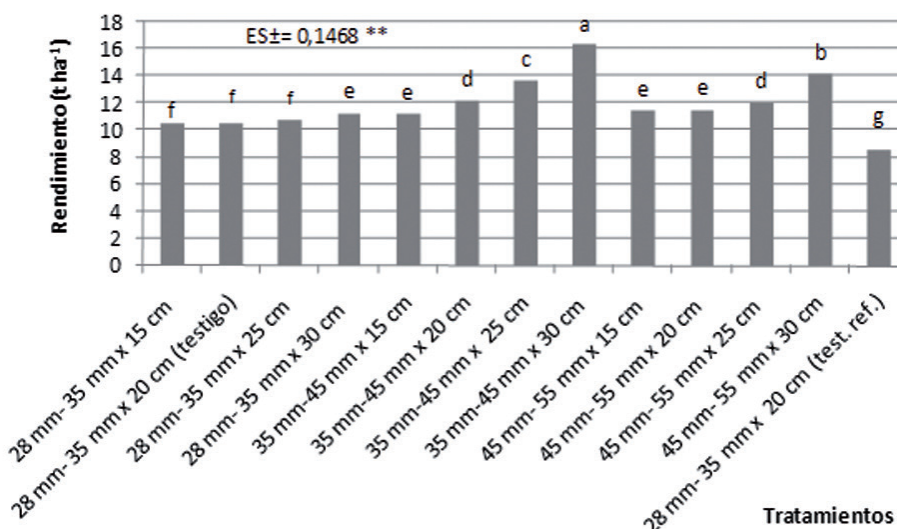
Los más bajos rendimientos se obtuvieron en el tratamiento testigo de referencia, con un valor promedio de 8,53 t ha<sup>-1</sup>. Estos resultados productivos coinciden con los valores que se registraron en las encuestas aplicadas a los productores dentro del diagnóstico realizado con el objetivo de conocer las problemáticas existentes en la provincia Huambo, cuyos rendimientos se encuentran entre 3 y 10 t ha<sup>-1</sup>.

Desde el punto de vista productivo, los resultados de esta investigación demuestran la positiva influencia de los tubérculos en el rendimiento total, si se logra un manejo adecuado en el establecimiento del cultivo de la papa, considerando el tamaño de los calibres y la distancia de plantación.

De forma general, se observó que en la medida que aumentó la distancia entre plantas (disminución de la densidad de plantación) y el calibre del tubérculo-semilla, aumentaron los rendimientos. Resultados similares a la presente investigación demostraron mayores rendimientos a distancia de 90 x 30 cm y los mismos aumentaron con la disminución de la densidad y el aumento del calibre de los tubérculos-semilla (16).

Estos resultados no coinciden con los obtenidos por otros investigadores en trabajos realizados con objetivos de producción de tubérculos-semilla y en diferentes condiciones edafoclimáticas a la del presente estudio (17), donde se obtuvieron rendimientos 33,42 t ha<sup>-1</sup> a distancia entre plantas de 15 cm y rendimientos de 24,21 t ha<sup>-1</sup> a 30 cm. Otros investigadores afirmaron que los rendimientos de los tubérculos por hectárea disminuyeron con mayores distancias entre plantas, debido al mayor número de tubérculos cosechados en estos espacios, con el mayor rendimiento de 36,44 t ha<sup>-1</sup> (4, 18, 19). Por otro lado, se han obtenido rendimientos de papa de 34,43 t ha<sup>-1</sup> a distancias entre plantas de 10 cm y 26,09 t ha<sup>-1</sup> a espacios de 40 cm (13).

El rendimiento en el cultivo de la papa depende de la tasa de crecimiento promedio y de la duración del período de crecimiento de los tubérculos. En este contexto, la proporción más importante, se realiza en la etapa desde el fin del crecimiento del follaje hasta el fin del crecimiento del cultivo de la papa, donde prácticamente todos los asimilados disponibles son utilizados para el crecimiento de los tubérculos.



**Influencia de tres calibres de tubérculos-semilla y diferentes distancias de plantación, sobre el rendimiento estimado total del cultivo de la papa en la provincia de Huambo, Angola**

Son muchos los factores que influyen sobre el rendimiento en el cultivo de la papa, dentro de ellos, los edafoclimáticos juegan un rol fundamental, pues estos intervienen sobre las características morfológicas y fisiológicas que determinan el rendimiento. Resultados con cuatro variedades de papa en el Estado de Trujillo en Venezuela, permitieron inferir que la expresión final del rendimiento de los materiales evaluados, se debió más a la adaptación de los mismos a las condiciones agroecológicas, bajo las cuales se llevó a cabo el estudio, que a otras variables evaluadas como el número de tallos (20).

En este contexto, las condiciones climáticas de la provincia Huambo, favorecieron los requerimientos agroclimáticos del cultivo durante la investigación, por lo tanto beneficiaron las características morfoproductivas obtenidas (21).

Las condiciones edáficas en las que se desarrolló la experiencia y que son representativas de la provincia Huambo, también tuvieron significativa influencia en el comportamiento de los tratamientos, manifestada en todas las variables. Los pobres resultados de las variables morfoproductivas, evaluadas en el tratamiento testigo de referencia, fueron consecuencia de las limitaciones productivas del suelo.

El bajo contenido en materia orgánica y potasio asimilable de estos suelos, pudieron ser las causas fundamentales del pobre crecimiento y desarrollo del cultivo, además de los bajos rendimientos de las plantas de papa en el tratamiento testigo de referencia, comparados con el resto de los tratamientos, pues a diferencia de los otros tratamientos, este no recibió dosis adicionales de potasio, siendo este elemento el de mayor requerimiento diario y es el de mayor extracción del suelo por cada tonelada de papa producida (7,6 kg t<sup>-1</sup>).

El papel del potasio en las plantas de papa es esencial para la economía del agua, por su acción en la turgencia de las células, en la fotosíntesis, la respiración, la síntesis y el transporte de azúcares y almidón hacia los tubérculos, el metabolismo de las grasas y la proteína, siendo el principal nutriente que regula la activación y la actividad enzimática; todo lo cual explica las altas necesidades de este nutriente por el cultivo. Este elemento favorece el índice de área foliar, la duración del follaje e incrementa el índice de cosecha y el tamaño y peso de los tubérculos<sup>C</sup>.

## CONCLUSIONES

- ◆ El diámetro del tallo y el área foliar a los 75 ddp en una plantación de papa, se benefician con el aumento de la distancia de plantación y el uso de calibres de tubérculos-semilla de mayor tamaño, no

así la altura y el número de tallos, que aumentan con la disminución del espacio entre plantas, en la medida en que disminuyó el tamaño de los calibres de los tubérculos-semilla.

- ◆ El empleo de calibres entre 35-45 mm a una distancia de plantación de 90 x 30 cm, permitió obtener rendimientos promedio de 16,4 t ha<sup>-1</sup>, bajo las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Angola.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Lutaladio, N.; Ortiz, O.; Haverkort, A.; Caldiz, D.; Lutaladio, N.; Ortiz, O.; Haverkort, A. y Caldiz, D. *Sustainable potato production: guidelines for developing countries*. [en línea]. edit. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2009, 91 p., ISBN 978-92-5-106409-2, [Consultado: 11 de enero de 2016], Disponible en: <<http://www.cabdirect.org/abstracts/20103083016.html>>.
2. Kaguongo, W.; Nyangweso, A.; Mutunga, J.; John Nderitu, J.; Lunga'ho, C.; Nganga, N.; Kipkoech, D.; Kabira, J.; Gathumbi, M.; Njane, P.; Irungu, J.; Onyango, A.; Borus, D. y Schulte-Geldermann, E. *A policymakers' guide to crop diversification: The case of the potato in Kenya* [en línea]. edit. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy, 2013, 70 p., ISBN 978-92-5-107728-3, [Consultado: 11 de enero de 2016], Disponible en: <<https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/57009>>.
3. FAO. *Statistical yearbook 2013. Word food agriculture*. edit. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, 2013, 289 p., ISBN 978-92-5-107396-4.
4. Güllüoğlu, L. y Arioglu, H. "Effects of seed size and in-row spacing on growth and yield of early potato in a mediterranean-type environment in Turkey". *African journal of agricultural research*, vol. 4, no. 5, 1 de mayo de 2009, pp. 535-541, ISSN 1991-637X.
5. Queiroz, L. R. de M.; Kawakami, J.; Muller, M. M. L.; Umburanas, R. C. y Eschemback, V. "Tamanho de tubérculo-semente e espaçamento na produtividade de batata em condições de campo". *Comunicata Scientiae*, vol. 4, no. 3, 1 de octubre de 2013, pp. 308-315, ISSN 2177-5133.
6. Bisognin, D. A.; Müller, D. R.; Streck, N. A.; Andriolo, J. L. y Sausen, D. "Desenvolvimento e rendimento de clones de batata na primavera e no outono". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 43, no. 6, 2008, pp. 699-705, ISSN 1678-3921.
7. Hernández, A.; Pérez, J.; Bosch, D. y Castro, N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. edit. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 2015, 93 p., ISBN 978-959-7023-77-7.
8. IUSS Working Group WRB. *World Reference Base for soil resources 2014: international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. (ser. World Soil Reports, no. ser. 106), edit. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2014, ISBN 978-92-5-108370-3.

<sup>C</sup> Esteves, A. *El cultivo de la papa en Cuba*. Inst. INCA, 2007, 534 p.

9. Jerez Mompie, E.; Martín, M. R. y Díaz, H. Y. "Estimación de la superficie foliar en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) por métodos no destructivos". *Cultivos Tropicales*, vol. 35, no. 1, marzo de 2014, pp. 57-61, ISSN 0258-5936.
10. Statistical Graphics Corp. *STATGRAPHICS® Plus* [en línea]. (ser. Profesional), versión 5.1, [Windows], 2000, Disponible en: <<http://www.statgraphics.com/statgraphics/statgraphics.nsf/pd/pdpricing>>.
11. Vázquez, B. E. y Torres, S. *Fisiología Vegetal*. vol. 2, edit. Félix Varela, La Habana, Cuba, 2006, 349 p., ISBN 959-258-21-4.
12. Flores, L. R.; Sánchez, del C. F.; Rodríguez, P. J. E.; Colinas, L. M. T.; Mora, A. R. y Lozoya, S. H. "Densidad de población en cultivo hidropónico para la producción de tubérculo-semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.)". *Revista Chapingo. Serie horticultura*, vol. 15, no. 3, diciembre de 2009, pp. 251-258, ISSN 1027-152X.
13. García, S. T.; Morera, J. L. C.; Aro, M. H.; Díaz, Y. P. y Figueroa, E. G. "El número de tallos por plantón afecta el crecimiento y rendimiento de la papa variedad Cal White". *Centro Agrícola*, vol. 39, no. 1, 2012, pp. 11-16, ISSN 0253-5785, 2072-2001.
14. Getachew, T.; Belew, D. y Tulu, S. "Yield and Growth Parameters of Potato (*Solanum tuberosum* L.) as Influenced by Intra Row Spacing and Time of Earthing Up: In Boneya Dagem District, Central Highlands of Ethiopia". *International Journal of Agricultural Research*, vol. 7, no. 5, 2012, pp. 255-265, ISSN 1816-4897, DOI 10.3923/ijar.2012.255.265.
15. Sanchez, B. E. I.; Camacho, E. M. A.; Rodriguez, L. A. y Ortega, E. H. M. "Physiological Behavior of Potato cv. *Tollocan* at Diverse Types of Salinity". *Journal of Plant Studies*, vol. 2, no. 1, 8 de enero de 2013, pp. 67-89, ISSN 1927-047X, 1927-0461, DOI 10.5539/jps.v2n1p120.
16. Masarirambi, M. T.; Mandisodza, F. C.; Mashingaidze, A. B. y Bhebhe, E. "Influence of plant population and seed tuber size on growth and yield components of potato (*Solanum tuberosum*)". *International Journal of Agriculture & Biology*, vol. 14, no. 4, 2012, pp. 545-549, ISSN 1560-8530, 1814-9596.
17. Hernandez, H. "Influencia de la distancia de plantación en la obtención de papa para semilla y dinámica del crecimiento de los tubérculos en la variedad Desiree Nacional clase «E»". *Cultivos Tropicales*, vol. 4, no. 2, 1982, pp. 335-344, ISSN 0258-5936.
18. Zamil, M. F.; Rahman, M. M.; Robanni, M. G. y Khatun, T. "Combined effect of nitrogen and plant spacing on growth and yield of potato with economic performance". *Bangladesh Research Publications Journal*, vol. 3, no. 3, 2010, pp. 1062-1070, ISSN 1998-2003.
19. Zabihi, M. R.; Jamaati, S. S.; Khayatnezhad, M. y Gholamin, R. "Correlation of tuber yield whit yield components of potato affected by nitrogen application rate in different plant density". *Advances in Environmental Biology*, vol. 5, no. 1, 1 de enero de 2011, pp. 131-136, ISSN 19950756.
20. Quintero, I.; Montero, F.; Zambrano, J.; Meza, M.; Maffei, M.; Valera, A. y Alvarez, R. "Evaluación de once clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el estado Trujillo. I Crecimiento, desarrollo y rendimiento". *Revista de la Facultad de Agronomía*, vol. 26, no. 3, 2009, pp. 362-381, ISSN 0378-7818.
21. Rodríguez, L. E. "Origen y evolución de la papa cultivada. Una revisión". *Agronomía Colombiana*, vol. 28, no. 1, 2010, pp. 9-17, ISSN 0120-9965.

Recibido: 14 de abril de 2015

Aceptado: 2 de noviembre de 2015