

CAPÍTULO 2

Crecimiento y rendimiento de dos genotipos de batata (*ipomoea batatas* L lamb) bajo el efecto de tres densidades de siembra

Luis Carlos Mercado Villar¹, José Luis Barrera Violeth² y Jorge Romero Ferrer³

1 Magister en Ciencias Agronómicas. agricola743@hotmail.com

2 Ciencias Agrarias. Universidad de Córdoba. jbarrera11@gmail.com

3 Ph.D. Producción Vegetal. AGROSAVIA. jromero@corpoica.org.co

Introducción

La batata es un cultivo muy valioso y de gran aceptación a nivel mundial. Se adapta a suelos de baja fertilidad con pocos insumos y aprovecha el agua remanente del suelo dándole carácter resistivo a la sequía (Nedunchezhiyan *et al.*, 2012). Además, es un producto altamente competitivo frente a los otros cultivos, debido a su alto rendimiento, bajo costo de producción y alto contenido en calidad nutricional por su importante fuente de calorías, proteínas, vitaminas, convirtiéndolo en alimento eficaz, en la lucha contra la desnutrición, pues es empleado principalmente en la alimentación de la población rural y urbano (Matamoros *et al.*, 2014).

La batata juega un papel importante en el sistema global de alimentación en países en vías de desarrollo, especialmente de los sectores menos favorecidos económicamente, cuyo cultivo genera fuentes de trabajo e ingresos a los productores, principalmente de subsistencia, garantizando la seguridad alimentaria (Alvarado, 2009). La batata es consumida en todo el mundo, su dulce sabor ha cautivado a los cinco continentes, se siembra en más de 100 países, con una producción mundial de 130 millones de toneladas, la China es el principal productor, con el 80 % del área total mundial, además la batata es el séptimo cultivo más importante del mundo, se ubica dentro de los cinco cultivos alimenticios de mayor valor (arroz, trigo, maíz, yuca), el cuarto en cantidad de materia fresca y el séptimo en el aporte de caloría (Zambrano, 2017).

El crecimiento puede ser influenciado por las densidades de plantas ya que una óptima densidad de siembra permite intensificar y perfeccionar las técnicas del cultivo entre los agricultores, logrando así, mayor área foliar que favorecen la intercepción de luz, lo cual incrementa la fotosíntesis y producción de biomasa, como resultado de un mayor aprovechamiento de los recursos hídricos y nutricionales (Aguilar *et al.*, 2005).

Hunt *et al.*, (2003) indican que el crecimiento, en el contexto de plantas individuales, puede definirse como un aumento irreversible en el tiempo y que estos cambios pueden ser en tamaño, forma y ocasionalmente

en número; así mismo, dice que, por lo general, los análisis de crecimiento se hacen con materia seca en plantas anuales y perennes que crecen bajo condiciones normales. De acuerdo con la Food and Agriculture Organization (FAO, 2014) América ocupa el tercer lugar en producción, se destacan los países como Brasil (525.814 t año⁻¹), Cuba (512.825 t año⁻¹), Haití (510.000 t año⁻¹), Argentina (336.271 t año⁻¹) Y Perú (278.293 t año⁻¹).

Según la red de información y comunicación estratégica del sector agropecuario (AGRONET, 2015), en Colombia esta raíz tuberosa es cultivada en la Costa Atlántica por pequeños productores principal mente de los departamentos de Córdoba, Magdalena, Bolívar y Sucre, con una producción de 350 t en el 2013 y un rendimiento de 6,3 t ha⁻¹. Sucre tiene una producción de 125 t anuales con tendencia a la baja debido a la disminución de las áreas cultivadas las cuales pasaron de 25 ha en el año 2008 a 10 ha en el 2013, lo cual es generado por múltiples factores, entre los que se destaca la falta de herramientas tecnológicas del cultivo como es el caso de la densidad de siembra, la cual es un factor que influye en la utilización eficiente de los recursos ambientales importantes en las plantas, tales como; CO₂, radiación, agua y nutrientes, factores que en últimas determinan la obtención de mayores rendimientos (Quevedo *et al.*, 2015).

Con base en lo anterior, se realizó la presente investigación para determinar una densidad óptima con ayuda de un estudio en el crecimiento y distribución de materia seca y así aportar conocimiento, que faciliten constituir bases para un manejo específico de este cultivo.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el municipio de Morroa, perteneciente a la subregión montes de María (9° 24' 56.33" N y 75° 23' 04.19" O), ubicado al Noreste del departamento de Sucre. La formación vegetal corresponde al bosque seco tropical según Holdrige, con temperaturas entre 26 °C y 35°C y humedad relativa entre 75 y 85%. Con una precipitación media anual de 1.000 mm (Aguilera, 2013).

El ensayo se estableció en un suelo arcilloso con deficiente materia orgánica bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones en parcelas divididas, donde la parcela principal corresponde a los genotipos (Tainung – Exportación) y sub parcela es la distancia entre

plantas (0,2m, 0,5 m y 0,8 m), con un total de 18 parcelas experimentales con 120 plantas cada una y se utilizó una distancia entre surcos de 1,2 m; los tratamientos se describen en la Tabla 2.1. Se utilizaron semillas asexuales (guía o bejuco) de batata (*Ipomea batatas* L Lamb) de los genotipos Tainung y exportación de 30 a 50 cm de longitud, previamente seleccionadas de plantas productivas y libres de plagas, de la parte terminal o apical. La densidad de siembra correspondiente a la descripción de 1,2 m entre surcos y 0,5 m entre planta es la más utilizada por los agricultores de la zona, se tomó como el testigo.

Tabla 2.1.

Plan de tratamientos de densidades de siembra de dos variedades de batata (Ipomoea batatas L Lamb)

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN	PLANTAS ha ⁻¹
1- TAINUNG	1,2 m entre surcos × 0,2 m entre plantas	41.500
2 – TAINUNG	1,2 m entre surcos × 0,5 m entre plantas	16.600
3 – TAINUNG	1,2 m entre surcos × 0,8 m entre plantas	10.375
4 - EXPORTACIÓN	1,2 m entre surcos × 0,2 m entre plantas	41.500
5 - EXPORTACIÓN	1,2 m entre surcos × 0,5 m entre plantas	16.600
6 - EXPORTACIÓN	1,2 m entre surcos × 0,8 m entre plantas	10.375

Nota: elaboración propia

A los ocho días después de la siembra se dio el 80 % de prendimiento, a partir de ahí se registraron cada 20 días las variables, longitud de plantas, la cual se realizó con una cinta métrica plástica milimetrada; diámetro de tallo, este fue medido a 5 cm del suelo con un nonio (con error de lectura de 0.05 cm); área foliar, medida utilizando el método gravimétrico con la relación peso: área, registrando su peso en fresco y el peso de 10 círculos cortados con un sacabocado de área conocida; número de hojas y el rendimiento se determinó a los 120 DDE donde se pesaron las raíces tuberosas de 5 plantas de cada tratamiento en una balanza de precisión (Marca AND, modelo HF-6000G con capacidad de 10000 g), en cuanto a la distribución de materia seca se tomó muestras mensuales de cada órgano que luego se secaron a 70°C por 72 horas en un horno Thermo Electron Corporation®; también se registró el peso de cada órgano para determinar el porcentaje.

La información obtenida se sometió a un análisis de varianza, para evaluar los efectos de los factores estudiados (Genotipos y Distancia entre plantas), se realizaron contrastes ortogonales al 5% de probabilidad. Se utilizó el software SAS versión 9.1.

Resultados y discusión

Longitud de plantas.

Según la Tabla 2.2, el genotipo Exportación registró la mayor longitud durante el periodo de evaluación, presentando un hábito de crecimiento extendido, por otro lado, Tainug presento un crecimiento semierecto, tal comportamiento se debió a las características genotípicas de cada material de estudio, en el cual el hábito de crecimiento extendido tiende a ser más largo que el tipo erecto como lo afirma Matamoros y Esteban, (2013) en la evaluación de 13 variedades de batata para la producción en Costa Rica.

Las densidades de siembra tuvieron un efecto directo sobre los genotipos, sin embargo en los primeros 60 DDE los genotipos tuvieron variaciones en la longitud de plantas regidas por los tratamientos en ambos materiales, a partir de esta fecha, se observó que el testigo (50 cm entre plantas) y el de menor densidad de siembra tuvieron los mayores longitudes, por otro lado, las menores longitudes las obtuvo el tratamiento de mayor densidad de siembra (20 cm entre plantas) lo que refleja una disminución en el crecimiento de las plantas, cuando se incrementa la densidad de plantas (mayor densidad de siembra) aumenta el sombreado y disminuye la cantidad total de radiación que llega a los estratos internos del dosel es decir, la cantidad de luz roja y luz azul disminuye conforme más estratos son atravesados y proporcionalmente la cantidad de luz Rojo lejano disminuye.

Tabla 2.2.

Prueba de contrastes ortogonales para la longitud de las plantas en las distancias entre plantas para los genotipos Tainung y Exportación.

Longitud de plantas (cm)				
DDS	Genotipos	Distancia entre plantas (cm)		
		20	50	80
20	Tainung	35.44 Ab	33.77 Ab	37.50 Ab
	Exportación	50.89 Ba	79.77Aa	48.22 Ba
40	Tainung	86.17 Ab	76.67 Bb	92.83 Ab
	Exportación	131.41 Ba	133.25 Ba	190.53 Aa
60	Tainung	150.11 Ab	154.67 Ab	137.11 Bb
	Exportación	187.22 Ca	220.67 Ba	252.44 Aa
80	Tainung	167.33 Bb	194.33 Ab	187.20 Ab
	Exportación	229.89 Ca	274.66 Ba	303.71 Aa
100	Tainung	228.89 Bb	226.33 Bb	241.55 Ab
	Exportación	249.33 Ca	289.00 Ba	312.44 Aa
120	Tainung	272.00 Bb	317.50 Aa	312.00 Ab
	Exportación	315.67 Ba	308.33 Ba	344.0 Aa

*DDE, días después de la emergencia. Letras mayúsculas iguales en sentido horizontal no difieren estadísticamente y letras minúsculas iguales en sentido vertical no difieren estadísticamente según los contrastes ortogonales ($p < 0.05$).

Así mismo, otras bandas del espectro lumínico dentro del Dosel se alteran, en particular, la del azul, ya que está sujeta a una fuerte disminución cuando existe un mayor IAF en consecuencia de la absorción que realizan las clorofilas en estratos de hojas superiores. Los cambios en la cantidad

de luz azul son percibidos por fotorreceptores específicos (criptocromos y fototropinas) teniendo efectos fotomorfogénicos y fototrópicos afectando fuertemente al crecimiento (Novoplansky 2009; Sultan 2010).

Por otro lado, cuando se siembra a distintas distancias (densidades de siembra) la intensidad de competencia los afecta de forma diferente, en este sentido Clavijo (1989); afirma, cuando no hay plantas que compitan cerca de otras (mayor distancia entre plantas) el crecimiento general es mayor porque las plantas más espaciadas quedan expuestas a una mayor incidencia de radiación solar, es decir, quedan sometidas a un mayor efecto de la intensidad lumínica sobre el Dosel, lo que genera menores tasas de respiración incrementando la fotosíntesis neta debido a una mayor conductancia estomática como lo afirman Páez *et al.*, (2000) en un estudio del crecimiento en tomate bajo luz solar total y sombreado. Estos datos concuerdan con Rabines (1993) que realizó un comparativo de cinco clones de batata bajo dos densidades de siembra (0.90 m x 0.15 m) y (0.90 m x 0.20 m), en el valle de Cañete (Perú); este concluyo que la longitud de tallos por planta, tuvo una tendencia a ser mayor a la menor densidad de siembra.

Diámetro de tallo

Según la Tabla 2.3, se pudo evidenciar que el genotipo Tainug supero al Exportación debido a las características fenotípicas, en este sentido, los diámetros reportados para ambos se encuentran entre los rangos reportados por Folquer (1978) quien afirma que entre 100 y 140 DDE, los tallos de batata que miden menos de 4 mm son delgados, medianos los que estén entre 4 y 6 mm y los gruesos los tallos mayores a 6 mm.

De acuerdo a lo descrito anteriormente se considera que ambos son de tallo grueso ya que a los 120 DDE los genotipos aquí utilizados tienen un diámetro que varía entre 0,6 y 0,99 mm respecto a las distancias de siembra aquí evaluadas.

Para las tres distancia de siembra se observó un comportamiento atípico entre los tratamientos, presentado una mayor acumulación de biomasa en este órgano en los primeros 60 DDE, ya que en esta fase lineal de crecimiento, las plantas usan casi todos los carbohidratos producidos para el crecimiento de las guías y raíces absorbentes (Cusumano y

Zamudio, 2013) esto por la necesidad de la planta en obtener mayores recursos en menos tiempo en las primeras etapas de crecimiento, reflejando una acumulación de fotoasimilados en órganos como el tallo y hojas como lo reporta Hernández *et al.*, (2015) evaluando el efecto del espaciamiento entre plantas de tabaco.

Después de los 60 DDE las plantas tienen un crecimiento influenciado por efecto de los tratamientos con diferencias marcadas es decir, se da una tendencia en la cual el testigo (50 cm entre plantas) y la menor densidad tienden a ser mayores que la densidad con plantas establecidas a 20 cm entre ellas en ambos genotipos, esto se debe, por que a mayor distancia entre plantas hay mayor disponibilidad de nutrientes y mejores ofertas ambientales resultados similares fueron obtenidos por Andrades y Loaisiga (2015) en un estudio de tres densidades de siembra en tomate.

Después de los 60 DDE por efectos de la tuberización la tendencia cambia, el testigo y la menor densidad de siembra (80 cm entre plantas) tiende a desarrollar más diámetro que los demás por que a medida que las raíces tuberosas crecen, la demanda de asimilados aumenta haciendo que los tallos en este caso funcionaron como fuente de asimilados (Aguilar *et al.*, 2006). Estas variaciones también se presentan por la diferencia en los periodos de competencia entre las plantas, por el autosombreamiento y por la diferencia en el inicio de la tuberización influenciados por las distancias de plantas que dan origen a fuertes gradientes en los potenciales fuente – vertedero (Criollo y García, 2011).

Tabla 2.3.

Prueba de contrastes ortogonales para el diámetro de tallos en las distancias entre plantas para los genotipos Tainung y Exportación.

Diámetro de tallo (cm)				
DDE	GENOTIPOS	Distancia entre plantas (cm)		
		20	50	80
20	Tainung	0.44 Ba	0.42 Ba	0.49 Aa
	Exportación	0.36 Ab	0.35 ABb	0.34 Bb
40	Tainung	0.62Aa	0.56 Ba	0.58 Ba
	Exportación	0.52 Ab	0.44 Bb	0.52 Ab
60	Tainung	0.66 Aa	0.70 Aa	0.68 Aa
	Exportación	0.60 Bb	0.73 Aa	0.73 Aa

Crecimiento y rendimiento de dos genotipos de batata (*ipomoea batatas l lamb*) bajo el efecto de tres densidades de siembra.

Diámetro de tallo (cm)				
DDE	GENOTIPOS	Distancia entre plantas (cm)		
		20	50	80
80	Tainung	0.57 Ba	0.73 Aa	0.73 Aa
	Exportación	0.55 Ba	0.72 Aa	0.71 Aa
100	Tainung	0.52 Ca	0.71 Aa	0.64 Ba
	Exportación	0.45 Cb	0.61 Ab	0.56 Bb
120	Tainung	0.74 Ba	0.76 Bb	0.99 Aa
	Exportación	0.60 Bb	0.95 Aa	0.97 Aa

*DDE, días después de la emergencia. Letras mayúsculas iguales en sentido horizontal no difieren estadísticamente y letras minúsculas iguales en sentido vertical no difieren estadísticamente según los contrastes ortogonales ($p < 0.05$).

Nota: elaboración propia

Sin embargo, a los 120 DDE hay un aumento del diámetro muy marcado principalmente en el genotipo Exportación, producto de la direccionalidad de los fotoasimilados en las plantas originados por la senescencia de las hojas; comportamientos similares fueron reportados Aguilar *et al.*, (2006) en dos variedades de papa donde se realizó un análisis de crecimiento y acumulación de biomasa.

Número de hojas

De acuerdo a la Tabla 2.4, en los primeros 20 DDE se presenta igual efecto de los tratamientos sobre los genotipos, lo cual se debe, a que durante esta fase las plantas no han alcanzado el tamaño suficiente que represente competencia entre ellas por los recursos en las distancias de plantación establecidas como lo afirma Pérez *et al.*, (2005) en un ensayo donde evaluó cuatro distancias de plantas en fresa.

A partir de los 40 hasta los 120 DDE se presenta un mayor número de hojas en el genotipo Exportación, lo que coincide con la dinámica de crecimiento del tallo (Tabla 2) producto de las características genotípicas de este material. El comportamiento del número de hojas en las tres distancias de plantas, inicia con un crecimiento acelerado hasta los 60 DDE, a partir de allí hasta los 120 DDE por efectos de los tratamientos sobre los genotipos, se observa que el testigo y el de menor densidad de siembra tienden a hacer

iguales y mayores que las plantas sembradas a 20 cm entre ellas (mayor densidad).

Tabla 2.4.

Prueba de contrastes ortogonales para el número de hojas en las distancias entre plantas para los genotipos Tainung y exportación.

Número de hojas				
DDE	GENOTIPOS	Distancia entre plantas (cm)		
		20	50	80
20	Tainung	16 Ba	33 Aa	35 Aa
	Exportación	22 Ba	28 Aa	27 Ba
40	Tainung	61 Cb	79 Ba	98 Ab
	Exportación	1 0 3 Ba	93 Ba	156 Aa
60	Tainung	60 Cb	81 Bb	98 Ab
	Exportación	1 1 0 Ba	165 Aa	151 Aa
80	Tainung	39 Bb	103 Ab	101 Ab
	Exportación	1 0 1 Ca	208 Ba	325 Aa
100	Tainung	40 Ba	108 Ab	113 Ab
	Exportación	40 Ba	184 Aa	223 Aa
120	Tainung	56 Bb	99 Ab	117 Ab
	Exportación	83 Ba	144 Aa	169 Aa

***DDE, días después de la emergencia. Letras mayúsculas iguales en sentido horizontal no difieren estadísticamente y letras minúsculas iguales en sentido vertical no difieren estadísticamente según los contrastes ortogonales ($p < 0.05$).**

Nota: elaboración propia

Esto porque a mayor densidad de siembra hay una producción más rápida de foto asimilados, haciendo que la relación fuente - vertedero sea descompensada producto de la disponibilidad de nutrientes como el nitrógeno, lo que genera un incremento en los pigmentos clorofílicos (más verdes) por el efecto del autosombreamiento generando gastos considerables de energía, como también el tiempo de iniciación de tuberización para esta densidad, debió ser a más temprana edad fisiológica, redistribuyendo los asimilados de las hojas disminuyendo su longevidad porque medida que va creciendo la raíz tuberosa y tomando mayor potencia como demanda de

la fotoasimilados, comienzan a extraer rápidamente los elementos de las hojas, caso contrario ocurrió en las menores densidades, donde la absorción y distribución de nutrientes fue más equilibrada. Este comportamiento fue reportado por Arcila y Chaves, (1995); Olalde-Gutiérrez *et al.*, (2000) y Rojas *et al.*, (2007) quienes afirman que a densidades altas en yuca, cafetero y girasol hay una competencia intra específica por luz y nutrientes que origina la caída de las hojas menos expuestas.

Por otro lado, se observó un aumento en el número de hojas entre los 100 y 120 DDE en el tratamiento de mayor densidad de siembra, debido al efecto de la competencia, lo que género, como mecanismo de defensa, un incremento en el número de hojas, este incremento originó un descenso en el número de raíces tuberosas debido a la redistribución de fotoasimilados hacia los nuevos brotes de hojas. Lo cual ocurre, debido a que las plantas en condiciones de estrés pueden tener crecimientos compensatorios en la morfología y fisiología minimizando los efectos dañinos. Retuerto y Woodward (2001) examinaron la capacidad de plantas de *Sinapis alba* para compensar las pérdidas en el crecimiento inducidos por la densidad de siembra (estrés abiótico) encontrando que la capacidad de las plantas para compensar las pérdidas derivadas de crecer en situaciones de elevada densidad fue menor, siendo mayor la biomasa de las plantas que habían crecido en condiciones de menor densidad, aunque las diferencias no llegaron a ser significativas; concluyendo que bajo condiciones propicias, las plantas pueden compensar los efectos perjudiciales de condiciones desfavorables, dependiendo de la intensidad, duración y tipo de estrés experimentado. Así mismo, las plantas pueden manifestar prioridades a la hora de recuperar daños o estructuras en las plantas.

Área foliar

Se observa en la Tabla 5 que el genotipo Tainung tuvo un mejor desarrollo del área foliar en los primeros 20 DDE en la menor densidad de siembra, a pesar de esto, fue superado por el exportación en la mayor densidad de plantación(20 cm entre plantas) a los 40 y 60 DDE; a partir de los 80 DDE el Tainung fue mayor que el exportación hasta la cosecha (120 DDE) en todos los tratamientos a excepción de la mayor y menor densidad (20 y 80 cm entre plantas) a los 80 DDE donde fueron iguales; esta diferencia en área foliar pudo ser influenciada por la morfología de la

variedad y por la adaptabilidad a las condiciones medio ambientales en las que están creciendo ambas variedades, resaltando que la Tainung tenía menor número de hojas pero el tamaño de estas era mayor.

El área foliar de los genotipos en las densidades de siembra, fue ascendente en los primeros 80 DDE, para luego descender hasta el final (120 DDE) en las tres densidades de siembra; esto se debe porque en primera instancia ocurre una alta actividad metabólica y los procesos anabólicos actúan sobre los catabólicos (Coll *et al.*, 1992). Así mismo, los carbohidratos y otros compuestos formados son utilizados en el desarrollo de los órganos vegetativos, por otro lado, el descenso que se observa es producto de la redistribución de fotoasimilados de las hojas hacia el órgano de interés (raíz tuberosa), lo que provoca la pérdida de hojas por senescencia como lo afirma Porras *et al.*, (1997) quienes evaluaron genotipos de soya en diferentes arreglos de siembra, durante la senescencia disminuyó la velocidad de la fotosíntesis, los contenidos de almidón, proteínas y ARN; paralelo a estos cambios se produce un aumento de la respiración que precede a la muerte de las hojas. Este proceso ocurre de manera irreversible, pero varía según la especie (Medina *et al.*, 1996; Coll *et al.*, 1992).

Tabla 2.5.

Prueba de contrastes ortogonales para el área foliar en las distancias entre plantas para los genotipos Tainung y Exportación.

DDE	GENOTIPOS	Distancia entre plantas (cm)		
		20	50	80
		Área (cm ²)		
20	Tainung	1529.39 Ca	2963.16 Ba	4306.48 Aa
	Exportación	1928.77 Aa	1988.16 Aa	1977.18 Ab
40	Tainung	10386.22 Ab	12090.57 Aa	14072.31 Aa
	Exportación	18836.90 Aa	18630.06 Aa	13348.54 Aa
60	Tainung	23446.73 Bb	28640.68 Ba	36196.42 Aa
	Exportación	32752.39 Aa	36140.53 Aa	31202.41 Aa
80	Tainung	13700.81 Ca	24265.54 Bb	44823.32 Aa
	Exportación	15038.85 Ca	36268.44 Ba	47802.01 Aa
100	Tainung	11415.64 Ca	30621.28 Ba	40106.32 Aa
	Exportación	4191.90 Cb	17645.75 Bb	31656.43 Ab

Crecimiento y rendimiento de dos genotipos de batata (*ipomoea batatas l lamb*) bajo el efecto de tres densidades de siembra.

DDE	GENOTIPOS	Distancia entre plantas (cm)		
		20	50	80
		Área (cm ²)		
120	Tainung	15639.81 Ca	25920.61 Ba	36330.02 Aa
	Exportación	9224.33 Cb	14908.72 Bb	26964.75 Ab

*DDE, días después de la emergencia. Letras mayúsculas iguales en sentido horizontal no difieren estadísticamente y letras minúsculas iguales en sentido vertical no difieren estadísticamente según los contrastes ortogonales ($p < 0.05$).

Nota: elaboración propia

También coincidió con lo señalado por Fontes *et al.*, (2005) que observaron el mismo patrón de desarrollo del área foliar con un descenso en su ritmo de crecimiento hacia el final del ciclo en pimentón, para diferentes épocas de muestreo, de igual forma fue reportado por Santos *et al.*, (2010) en papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo condiciones de Zipaquirá - Colombia, donde los máximos incrementos de área foliar, coincidieron con el inicio de tuberización para ambas variedades.

Los mayores valores de AF en ambas variedades se registraron entre los 60 y 100 DDE en las tres distancias de siembra; tal comportamiento concuerda con la variable número de hojas, lo cual era de esperar que para esta etapa hay mayor desarrollo foliar y con ello mayor intersección de luz aumentando así la eficiencia fotosintética de las plantas, como lo afirman Criollo y García, (2011) en una investigación en rábano.

Respecto a las distancia entre plantas, se observa que la menor densidad de siembra (80 cm entre plantas) fue superior desde las primeras etapas de desarrollo, con respecto al testigo y la mayor densidad, lo cual fue consecuente con el mayor número de hojas (Tabla 4) debido al menor grado de competencia de las plantas lo que conlleva a mayor disponibilidad de nutrientes por área generando una mayor actividad fotosintética laminar de las plantas; con esto se genera mayor área foliar y ambiente favorable, siendo capaces de utilizar mejor la energía solar favoreciendo la eficiencia fotosintética. Estos resultados difieren a los reportados por Barraza *et al.*, (2004) en tomate, evaluando el efecto de cuatro densidades de plantación, reportando mayor área foliar en la mayor densidad de plantación.

Rendimiento

Los genotipos no presentaron diferencias significativas en la mayor y menor densidad de plantación (20 y 80 cm entre plantas) (Tabla 2.6), no obstante, a 50 cm entre plantas, el genotipo Exportación registró los mayores valores, superando a la Tainug en 7327,18 kg ha⁻¹. Debido a que se dieron las condiciones óptimas para que las plantas establecidas en el tratamiento control, tuvieran un mayor aprovechamiento de los recursos medio ambientales de la zona, lo que generó un mayor número de hojas y longevidad de estas en el genotipo Exportación, favoreciendo la eficiencia fotosintética y con ello los rendimientos. Resultados similares fueron reportados en yuca por Girón y Alfonso (2000) quienes señalan que los mayores rendimientos los obtuvieron con distancias más espaciadas utilizando el cultivar Negrita.

El mayor rendimiento en fresco de raíces comerciales, para el genotipo Tainung se obtuvo en las densidades más bajas (50 y 80 cm entre plantas), siendo iguales con una media de 10314 kg ha⁻¹, duplicando el valor registrado en la mayor densidad de población para este genotipo.

En el genotipo exportación, la menor y mayor densidad de población fueron iguales con un promedio de 9749,78 kg ha⁻¹, mientras que el tratamiento testigo produjo 17412.67 kg ha⁻¹, registrando esta densidad (50 cm entre plantas) el mayor valor entre los genotipos y distancias entre plantas, resultados que concuerdan con los que obtuvo Chamba (2008) que utilizó dos densidades de siembra, registrando rendimientos de 17 t ha⁻¹; los cuales son muy semejantes a los rendimientos que se obtuvieron en esta investigación.

Crecimiento y rendimiento de dos genotipos de batata (*ipomoea batatas l lamb*) bajo el efecto de tres densidades de siembra.

Tabla 2.6.

Prueba de contrastes ortogonales para el rendimiento, influenciadas por las distancias entre plantas para los genotipos Tainung y Exportación bajo la oferta ambiental del departamento de Sucre, Municipio de Morroa- agosto (2017).

Variable	Genotipos	Distancia entre plantas (cm)		
		20	50	80
Rendimiento en fresco (Kg.ha ⁻¹)	Tainung	5,164.33Ba	10,085.49 Ab	10,542.52Aa
	Exportación	8,859.86Ba	17,412.67 Aa	10,639.70 Ba

Nota. Letras mayúsculas iguales en sentido horizontal no difieren estadísticamente y letras minúsculas iguales en sentido vertical no difieren estadísticamente según los contrastes ortogonales ($p < 0.05$).

Para el factor distancia de plantación, el rendimiento en peso fresco mostró un incremento significativo conforme disminuyó la densidad de plantación; es decir, las plantas más espaciadas tuvieron los mayores rendimientos, esto debido a que tenían una mayor disponibilidad de recursos, favoreciendo una eficiencia durante su desarrollo (Getachew *et al.*, 2012).

El comportamiento diferencial en los rendimientos registrado entre la mayor y menor distanciamiento entre plantas concuerda por los encontrados por Rivera (2000) quien evaluó 10 densidades de siembra en el cultivo de la Jícama, concluyendo que a menor densidad de siembra (mayor distanciamiento entre plantas), se obtienen pesos totales mayores en las raíces de este cultivo.

Los rendimientos de la investigación concuerdan con los resultados de Aguilar y Orlando (2015) que evaluaron la respuesta del cultivo de batata a la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos, con una baja densidad de siembra (20000 plantas ha⁻¹) obteniendo como máximo rendimiento 14,70 t ha⁻¹. Cabe decir que los resultados de los rendimientos en esta investigación, superan el rendimiento promedio nacional, que varía entre 6,0 y 6,3 t ha⁻¹ pero semejantes al del departamento de Sucre que esta entre 10 y 13 t ha⁻¹ (AGRONET, 2015).

Distribución de masa seca por órganos en la planta

De acuerdo a la Figura 2.1, la materia seca de raíz en los primeros 60 DDE no se observó diferencias significativas entre los tratamientos, variando

entre 0,5 y 21 %, momento en el cual las plantas tienen características similares entre los tratamientos, porque están empezando la tuberización de las raíces por lo tanto los foto asimilados se distribuyen en su gran mayoría para la parte aérea; como lo afirma Aguilar *et al.*, (2006) en dos variedades de papa donde se realizó un análisis de crecimiento y acumulación de biomasa.

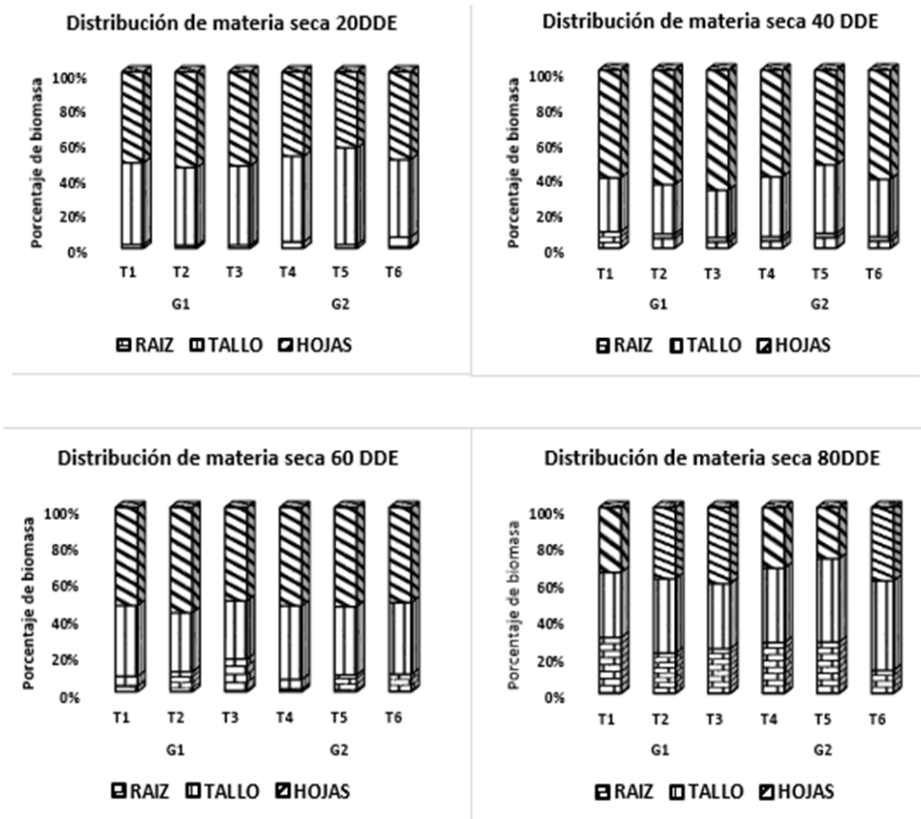
En los 80 DDE se presenta un aumento en la materia seca de raíz, la variedad Tainung tuvo mayor acumulación a mayor densidad de plantación (T1) con un 23 % en la Exportación se observaron en las densidades establecidas con plantas a 20 y 50 cm (T4 y T5) con un 21 %. A los 100 y 120 DDE el genotipo Exportación tiene la mayor acumulación de materia seca de raíz, presentó el mayor porcentaje en los tratamientos de menor densidad de plantación, T2 y T3 para la Tainung, oscilando entre 21 y 33 %; la exportación osciló entre 40 y 50 % entre los tratamientos T5 y T6. Ninaquispe (1998) señala que las variedades de camote tienen diferente porcentaje de materia seca de raíz, dependiendo la variedad, teniendo como promedios 29,12% para el camote amarillo 31,20% para el morado y 32,05% para el camote blanco.

Se evidencia que existe una prevalencia del factor genético, dado que el genotipo exportación tuvo los mejores porcentajes de materia seca, que, influenciado por la densidad de siembra, se registraron variaciones, pero, sin embargo, siempre superando a el Tainug a momento de cosecha. Los datos en esta investigación difieren para el genotipo Exportación, pero son similares a el Tainung de acuerdo a lo registrado por Zambrano (2017) para dos variedades de batata encontró porcentajes de raíz entre 28,55 y 30,77 %; al igual que Arana *et al.*, (2017) que evaluó el efecto de cuatro distancia entre plantas en tres clones de batata, registro porcentajes de 27,53 y 30,40 %

Respecto a la materia seca de tallo se presentó a los 60 DDE un rango entre 30 y 40 % en porcentaje de acumulación para este órgano. A partir de los 80 DDE se presenta un variación influenciada por distancia entre plantas, donde la mayor densidad de plantación (20 cm entre plantas) tuvo una aumento entre el 10 y 20 % en acumulación de materia seca en el genotipo Tainung, sin embargo, el Exportación se mantuvo igual para este tratamiento (20 cm entre plantas) pero disminuyó alrededor de un 15 % en las menores densidad de población (T5 y T6), tal comportamiento es

debido a que las plantas cuando están a mayor competencia hay menor penetración de luz lo que provoca una mayor acumulación de materia seca que se refleja en una elongación del tallo (Van de Vooren *et al.*, 1986).

En la materia seca de hojas se presenta una diferencia entre los genotipos a los 20 DDE, siendo el Tainung mayor que el Exportación con un promedio entre variedades de 50 y 40 % respectivamente lo que infiere una mejor adaptabilidad fenotípica a las condiciones medio ambientales circundantes del genotipo Tainung para esta etapa (Grüneberg *et al.*, 2005).



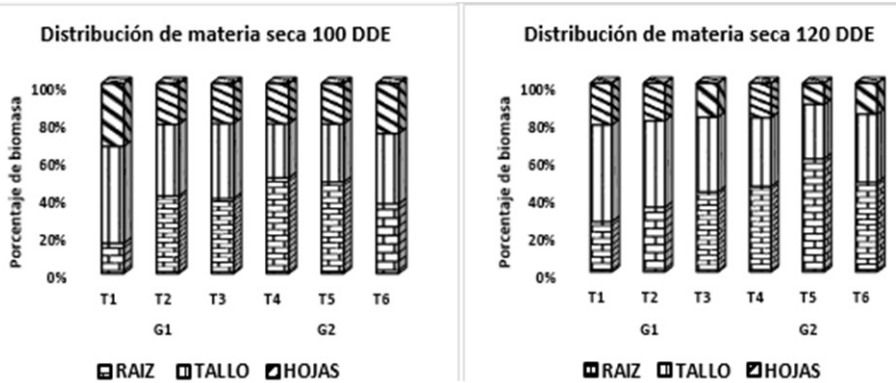


Figura 1. Distribución porcentual de biomasa en dos genotipos de batata (*Ipomoea batatas* L Lamb), bajo el efecto de tres distancias de siembra.

A los 40 DDE se presentan los mayores valores de biomasa seca en las hojas, siendo iguales entre genotipos y tratamientos, con una variación entre 50 y 60 %. A partir de esta fecha hay una disminución progresiva hasta los 120 DDE, donde los genotipos son iguales, pero difieren entre los tratamientos, con 20 % para la mayor densidad de siembra y 15 % para el tratamiento control y la menor densidad.

El descenso en la biomasa seca de las hojas puede explicarse por lo expuesto por Ho *et al.*, (1984) quienes afirman que una vez la hoja alcanza su máxima expansión foliar y adquiere su máxima actividad fotosintética, se comporta como un órgano fuente de asimilados y está en capacidad de exportarlos, hasta que llega a la fase senescente donde se produce una exportación masiva de carbono de la hoja, que va acompañada por un descenso gradual de la actividad fotosintética.

Conclusiones

Las distancias entre plantas afectaron el crecimiento general de los vegetales, registrando los mayores valores de longitud de plantas, diámetro de tallo, número de hojas y área foliar en la menor densidad de siembra (80 cm entre plantas) en ambas variedades. Sin embargo, el genotipo Tainung tuvo un mayor diámetro de tallo por características genéticas propias de este genotipo al igual que el genotipo exportación en longitud de tallo.

Crecimiento y rendimiento de dos genotipos de batata (*ipomoea batatas l lamb*) bajo el efecto de tres densidades de siembra.

Bajo la oferta ambiental del departamento de Sucre, las menores densidades de siembra contribuyen a obtener mayores rendimientos en las variedades de batata Tainung y Exportación con rendimientos promedios de 10314 kg ha⁻¹ y 17412,67 kg ha⁻¹ respectivamente. Las mayores densidades de siembra contribuyeron a la acumulación del 70 % de biomasa seca en la parte aérea (tallo- hojas) a los 120 DDE. El tratamiento control registro la mayor acumulación de biomasa seca de raíz a los 120 DDE en ambos genotipos.

Referencias

- Aguilar, R., y Orlando, O. (2015). Respuesta del cultivo de camote (*ipomoea batatas l.*) a la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos en la zona de mira, provincia del Carchi (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2015).
- Aguilera M. (2013). Montes de María: una subregión de economía campesina y empresarial. Banco de la Republica. Centro de Estudios Económicos Regionales. Cartagena. Diciembre de 2013. p. 20.
- Aguilar León, M. G., Carrillo Salazar, J. A., Rivera Peña, A., y González Hernández, V. A. (2006). Análisis de crecimiento y de relaciones fuente-demanda en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum L.*). Revista Fitotecnia Mexicana, 29(2).
- Aguilar-García, L., Escalante-Estrada, J. A., Fucikovskiy-Zak, L., Tijerina-Chávez, L., y Mark-Engleman, E. (2005). Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. Terra Latinoam, 23, 303-310.
- AGRONET. (2015). Disponible en: <http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estad%C3%ADsticas.aspx>. Consultado el 30 de junio 2015.
- Alvarado, K; Flores, A; López, M. (2009). Creación de bróker MKV para la exportación de camotes y otros productos agrícolas no tradicionales a España. *Agric tec*, 1,19.
- Andrades Chavarría, D. D., y Loaisiga Jarquin, F. A. (2015). Evaluación del crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) variedad Shanty en tres distancias de siembra, en condiciones de casa malla, finca Las Mercedes, UNA, Managua, 2013 (Tesis doctoral, Universidad Nacional Agraria)

- Arana Tuesta, F. I., Huanca, V., y Antonio, W. (2017). Comparativo de rendimiento de tres clones de camote (*ipomoea batatas L.*) bajo cuatro densidades de siembra en el Valle del Santa-Áncash.
- Arcila, J., y Chaves, B. (1995). Desarrollo foliar del café en tres densidades de siembra. *Cenicafé (Colombia)* 46 (1): 5-20.
- Barraza, F. V., Fischer, G., y Cardona, C. E. (2004). Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) en el Valle del Sinú medio, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 22(1).
- Chamba, L. (2008). Cultivo del camote para el mercado internacional. Recuperado de www.bioteconologiaproyecto09.wikispaces.com/file/.../cultivo-delcamote.doc.
- Clavijo, J. (1989). Análisis de crecimiento en malezas. *Revista Comalfe*, 15, 12-16.
- Coll, D.J., N. Rodrigo, S. Garciz, y R. Sanchez. (1992). *Fisiología Vegetal*. Sexca Edición. pp. 341-612.
- Criollo, H., y García, J. (2011). Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento de plantas de rábano (*Raphanus sativus L.*) bajo invernadero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 3(2), 210-222.
- Cusumano y Néstor Zamudio. (2013). Manual técnico para el cultivo de batata (camote o boniato) en la provincia de Tucumán, Argentina. / Cosme. - 1a. ed. - Famaillá: Ediciones INTA, 48 p.; 27,50 x 19,00 cm.
- FAO. (2014). Rendimiento de batata en el mundo. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>. Consulta: Febrero, 2017.
- Folquer, F. (1978). La batata (camote): estudio de la planta y su producción comercial (Vol. 13). Bib. Orton IICA/CATIE
- Fontes, P. C. R., Dias, E. N., y Silva, D. D. (2005). Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca e produção de pimentão em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, 23(1), 94-99.
- Getachew, T., Belew, D., y Tulu, S. (2012). Yield and growth parameters of potato (*Solanum tuberosum L.*) as influenced by intra row spacing and time of earthing up: In Boneya Degem District, Central Highlands of Ethiopia. *Int. J. Agric. Res*, 7(5), 255-265.

Crecimiento y rendimiento de dos genotipos de batata (*ipomoea batatas l lamb*) bajo el efecto de tres densidades de siembra.

- Girón, C. y E. Alfonso (2000). Manejo integrado de malezas en yuca en el estado Miranda. *Agronomía Tropical*. 50 (1):3140.
- Grüneberg J., Manrique K., Zhang D., Hermann M. (2005). Genotype X Environment Interactions for a Diverse Set of Sweetpotato Clones Evaluated across Varying Ecogeographic Varying Ecogeographic Conditions in Perú. *Crop Science* 45:2160-2171.
- Hernández Martínez, Juan M.; León González, Yarilis y Hernández García, Betty. (2015). Espaciado entre plantas y número de hojas en el tabaco negro tapado. I. Efecto en el crecimiento y desarrollo. *Cultivos Tropicales*, vol. 36, no. 1, pp. 116-121. ISSN 1819-4087.
- Ho, L. C., Hurd, R. G., Ludwing, L. J., Shaw, A. F., THORNELEY, J., y Withers, A. C. (1984). Changes in photosynthesis, carbon budget and mineral content during the growth of the first leaf of cucumber. *Annals of Botany*, 54(1), 87-101
- Hunt, R., Thomas, B., MURPHY, D., y Murray, D. (2003). Growth analysis, individual plants. *Encycl. Appl. Plant Sci*, 2, 579-588.
- Matamoros, R. C., Angulo, A. B., Esker, P., y Gómez-Alpízar, L. (2014). Evaluación agronómica de trece genotipos de camote (*Ipomoea batatas L*). *Agronomía Costarricense*. 38(2): 67-81.
- Matamoros, C., y Esteban, R. (2013). Evaluación y selección en campo de genotipos mejorados de camote (*Ipomoea batatas L.*) para su producción en Costa Rica.
- Medina, F., Chang, W., Bracho, J., Marín, M., y Esparza, D. (1996). Efecto de la edad y el genotipo sobre el crecimiento del área foliar en el frijol (*Vigna unguiculata (L) Walp*). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 13(1).
- Nedunchezhiyan, M.; Byju, G., y Jata, S. K. (2012). Sweet potato agronomy. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology* (6), 1-10.
- Ninaquispe, P. (1998). Determinación de las condiciones óptimas de fermentación en el proceso de enriquecimiento proteico del camote Amarillo (*Ipomoea batatas L*). (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú. 110p.
- Novoplansky A. (2009). Picking battles wisely: Plant behaviour under competition. *Plant, Cell and Environment* 32(6): 726-741.

- Olalde Gutiérrez, V. M., Escalante Estrada, J. A., Sánchez García, P., Tijerina Chávez, L., Mastache Lagunas, Á. A., y Carreño Román, E. (2000). Crecimiento y distribución de biomasa en girasol en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. *Terra Latinoamericana*, 18(4).
- Páez, A., Paz, V., y López, J. (2000). Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv. Río Grande en la época mayo-julio. Efecto del sombreado. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 17(2).
- Pérez de Camacaro, M., Carew, J., y Battey, N. (2005). Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo de la fresa CV. Elsanta. *Bioagro*, 17(1).
- Porras, C. A., Cayón, D. G., y Delgado, O. A. (1997). Comportamiento fisiológico de genótipos de soya en diferentes arreglos de siembra. *Acta Agronómica*, 47(1), 9-15
- Quevedo, y., Barragán, e., y beltrán, j. (2015). Efecto de altas densidades de siembra sobre el híbrido de maíz (*zea mays l.*) impacto. *Revista scientia agroalimentaria*, 2.
- Rabines, J. (1993). Comparativo de rendimiento de cinco clones de camote (*Ipomoea batatas L.*), bajo dos densidades de siembra en condiciones de costa central (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 100 p.
- Retuerto, R. y Woodward, FI. (2001). Compensatory responses in growth and fecundity traits of *Sinapis alba L.* following release from wind and density stress. *International Journal of Plant Sciences* 162: 171-179.
- Rivera Méndez, CA. (2000). Evaluación del rendimiento de raíz de jícama (*Pachyrrhizus erosus (L) Urban*) usando 10 densidades de siembra, bajo las condiciones de la aldea Las Delicias del Jobo, Taxisco, Santa Rosa, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. 29.
- Rojas, R., Gutiérrez, W., Esparza, D., Medina, B., Villalobos, Y., y Morales, L. (2007). Efecto de la densidad de plantación sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de la yuca *Manihot esculenta Crantz*, bajo las condiciones agroecológicas de la Altiplanicie de Maracaibo. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 24(1), 94-112.

Crecimiento y rendimiento de dos genotipos de batata (*ipomoea batatas l lamb*) bajo el efecto de tres densidades de siembra.

- Santos Castellanos, M., Segura Abril, M., y Nústez López, C. E. (2010). Análisis de crecimiento y relación fuente-demanda de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum L.*) en el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia). Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín, 63(1), 5253-5266.
- Sultan SE. (2010). Plant developmental responses to the environment: eco-devo insights. Current Opinion in Plant Biology 13(1): 96-101.
- Van de Vooren, J., Welles, G. W. H., y Hayman, G. (1986). Glasshouse crop production. In *The tomato crop* (pp. 581-623). Springer, Dordrecht.
- Zambrano Demera, J. G. (2017). Estudio agronómico de dos variedades de camote *Ipomoea batatas L* (Bachelor's thesis).