

Influencia del espaciamiento entre plantas sobre la morfología y el crecimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L. cv. Parda pastusa) bajo dos ambientes contrastantes

The influence of plant spacing on potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Parda pastusa) morphology and growth in two contrasting environments

Loyla Rodríguez Pérez¹, Germán Corchuelo Rozo² y Carlos Eduardo Núñez³

Resumen: Este trabajo fue realizado durante la estación de crecimiento de abril a octubre del año 2000, en dos localidades: Centro Agropecuario Marengo (Mosquera) y Estación Experimental San Jorge (Soacha) en el departamento de Cundinamarca. El objetivo fue evaluar las respuestas de crecimiento y desarrollo en plantas de papa de la variedad Parda pastusa expuestas a densidades de población de: 50.000, 125.000, 200.000, 275.000 y 350.000 tallos por hectárea. El incremento en las densidades de siembra afectó la longitud total por planta, presentándose la mayor altura en la localidad Marengo. El área foliar se determinó como un carácter plástico bajo las condiciones del ensayo. El desarrollo de las ramas o tallos secundarios también fue influido por la densidad en las dos localidades. En Marengo las plantas presentaron hábito de crecimiento decumbente, mientras en la localidad San Jorge las plantas crecieron erectas. En general, la variedad Parda pastusa presenta caracteres morfológicos que se comportaron de manera plástica, modificando el fenotipo bajo las condiciones del estudio.

Palabras clave: Densidad, tallos, desarrollo.

Abstract: This study was carried out between April and October 2000 in two different locations; Marengo and San Jorge in the Cundinamarca department. The object was to evaluate Parda pastusa variety potato plant growth and development response to 50,000, 125,000, 200,000, 275,000 and 350,000 stems per hectare population density. Increased planting density affected total length per plant, plants having greater length being found in Marengo. Foliar area was determined as being a plastic characteristic in experiment conditions. Branch and secondary stem development were affected by plant density in the two localities being studied. The plants presented decumbent growth in Marengo whilst they grew erect in San Jorge. The Parda pastusa variety generally presented morphological characters and yield behaving plastically, modifying the phenotype in environmental study conditions.

Key words: Density, stems, development.

Introducción

A NIVEL MUNDIAL SE RECONOCE la importancia del cultivo de la papa debido a que posee cualidades nutritivas como alimento básico, por su alto contenido de carbohidratos y proteínas, razón por la cual en el campo de la agricultura sostenible es necesaria una creciente utilización de tecnologías agronómicas que permitan alcanzar mejores logros productivos traducidos en rendimientos de alta calidad.

El establecimiento y utilización de una unidad de densidad de población que permita evaluar de manera precisa la influencia del espaciamiento vegetal sobre el desarrollo morfológico y el rendimiento de la especie *Solanum tuberosum* L. es de considerable interés (Hay y Walker, 1989).

Los principios que gobiernan la respuesta del vegetal frente a la densidad de población como un factor cambiante, se asemejan a la influencia de la radiación solar

Fecha de recepción: 09 de septiembre de 2003.

Aceptado para publicación: 28 de noviembre de 2003.

1 Profesora, UDEC-Sede Fusagasugá e Institución Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA), Bogotá.

2 Profesor Asistente, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

3 Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

y el suministro de agua y de nutrientes como factores limitantes de la producción; en efecto, aumentando o disminuyendo la densidad de plantas se afecta la competencia vegetal por recursos disponibles.

En términos del desarrollo foliar, una planta de papa puede responder a condiciones ambientales cambiantes, lo cual incluye cambios en el porcentaje de aparición de hojas y ramas, en el número de ramas producidas, en el porcentaje de expansión foliar, en el área específica foliar y en la longevidad foliar, entre otras. En el experimento realizado por Vos (1995) el área foliar específica se incrementó a altas densidades pero el número de ramas laterales basales y el área foliar asociada siempre declinó a altas densidades.

Por su parte, Ifenkew y Allen (1975) reportan que al aumentar la densidad de tallos se producen plantas de mayor longitud con menor número de ramas asilares. Una gran cobertura del follaje con la consecuente intercepción de radiación foto-sintéticamente activa fue característica a altas densidades en el ensayo reportado por Midmore (1988); así mismo, el número de tallos por unidad de área causó altos índices de área foliar, responsables de alta intercepción de luz.

La densidad de tallos determina características del sistema radical y del sistema de brotes, que a la vez tienen un marcado efecto sobre la acumulación de materia seca y sobre los componentes de rendimiento. Por las razones mencionadas, es de relevancia realizar investigaciones orientadas a definir una unidad de densidad de tallos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L., cv. Parda pastusa) que explique los efectos de los componentes de densidad (representados principalmente por el tamaño del tubérculo-semilla, el espaciamiento, el número de tallos por planta y, en general, el arreglo espacial) sobre la morfología, la fisiología y el rendimiento agronómico de la variedad en diferentes condiciones ambientales.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo bajo las condiciones del Centro Agropecuario Marengo (CAM) ubicado en el municipio de Mosquera (Cundinamarca), a una altitud de 2.543 m.s.n.m. y en la Estación Experimental San Jorge ubicada en el municipio de Soacha (Cundinamarca) a una altitud de 2.900 m.s.n.m. En la Tabla 1 se presentan los datos de temperatura y humedad relativa para cada localidad.

Tabla 1. Temperatura (T) y humedad relativa (HR) en las localidades de San Jorge y CAM en el período de mayo 15 a noviembre 23 del año 2000.

FECHA	SAN JORGE		CAM	
	HR (%)	T (°C)	HR (%)	T (°C)
may15-may25/00	80,43	12,40	59,61	15,88
may26-jun06/00	87,04	9,45	62,49	13,83
jun07-jun16/00	85,28	9,75	56,71	13,61
jun17-jun27/00	87,46	9,14	40,48	12,88
jun28-jul06/00	90,00	8,84	21,47	13,14
jul07-jul16/00	89,06	8,56	19,99	11,92
jul17-jul27/00	84,99	9,13	13,78	12,98
jul28-ago9/00	83,29	9,45	18,96	12,62
ago10-ago19/00	80,34	9,33	20,69	12,33
ago20-ago30/00	91,21	9,68	25,75	13,25
ago31-sep10/00	90,31	9,63	17,17	12,85
sep11-sep20/00	85,93	9,47	19,09	12,45
sep21-sep30/00	89,13	10,37	10,05	13,53
oct1-oct10/00	89,35	8,96	18,25	12,74
oct11-oct20/00	89,64	9,07	15,76	12,47
oct21-oct30/00	91,78	9,87	13,13	14,21
oct31-nov10/00	91,16	9,98	28,30	17,86
nov11-nov19/00	91,46	9,88	69,41	18,93
nov20-nov23/00	82,27	11,09		

Como material vegetal se sembraron mini-tubérculos semilla brotados de dos centímetros de diámetro *Solanum tuberosum* L., cv. Parda pastusa.

Para garantizar el crecimiento y desarrollo adecuado del cultivo de papa, se suministro una aplicación de 10 g de fertilizante 10-30-10 por planta en el momento de la siembra de los mini-tubérculos semilla.

Para la determinación de las variables climáticas de interés (temperatura y humedad relativa) se instalaron en los lotes de cultivo de cada localidad sendas estaciones climáticas COX.

El estudio se desarrolló bajo el diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos de densidad y cuatro bloques, según se puede ver en la Tabla 2. Las unidades experimentales fueron parcelas de 20 m² con los tratamientos de densidad de tallos incluyendo dos densidades extremas (máxima y mínima) y tres densidades intermedias.

Tabla 2. Tratamientos de densidad aplicados en las localidades CAM y San Jorge durante la estación de crecimiento.

Tratamiento	Densidad de tallos/ha	Distancia entre surcos (m)	Distancia entre plantas (m)	Nº de plantas por 20 m ²
T0	50.000	1	0.20	100
T1	125.000	1	0.08	250
T2	200.000	1	0.05	400
T3	275.000	1	0.036	550
T4	350.000	1	0.028	700

La evaluación de las plantas de papa se realizó durante el ciclo de crecimiento. En San Jorge, durante el período del 13 de abril al 11 de octubre del año 2000 y en el CAM, del 27 de abril a octubre 12 del mismo año. Las características de la planta de papa que pueden estar influidas por la densidad, y que fueron evaluadas por medición directa, fueron según Coombs *et al.* (1988):

- Área foliar (en cm²): las hojas disectadas de las plantas se midieron en el planímetro de área foliar LI 3100 marca Licor® del Laboratorio de Fisiología de Cultivos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional, sede Bogotá.
- Materia seca (g): para estimar la biomasa vegetal seca por órganos y total, se desmembró la planta y se colocó en bolsas de papel para un secado posterior en horno con circulación de aire, a una temperatura de 80° C por un período de 60 horas.
- Altura de las plantas (cm): se midió la longitud aérea y subterránea de las plantas.
- Índice de Área Foliar (IAF): se determinó con la fórmula propuesta por Warren (1981): $IAF = Af / As$, donde Af es el área foliar en cm² y As, el área del suelo en cm² ocupada por las plantas.
- Radiación Foto-sintéticamente Activa (RFA) (μmol/m²-s): Para la medición de la radiación solar incidente sobre el follaje de las plantas y a nivel de la superficie del suelo, se utilizó una barra cuántica modelo LI 189 marca Licor® de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

La información obtenida se analizó aplicando el procedimiento de ANAVA para las variables morfológicas evaluadas.

Resultados y discusión

Longitud total por planta

En las densidades de tallos evaluadas la longitud por planta fue similar estadísticamente en las dos localidades. En el CAM (Figura 1), las plantas alcanzaron una longitud total promedio por planta de 160,75 cm, comparadas con las de San Jorge (Figura 2) cuya longitud fue de 98,44 cm al final del ciclo de crecimiento. En el CAM las plantas crecieron más porque estuvieron expuestas a una mayor radiación y temperatura ambiental (Tabla 1); que favorecieron la elongación y crecimiento de células y tejidos meristemáticos, la activación de enzimas involucradas en la división y elongación celular; según Salisbury y Ross (1994) las reacciones que ocurren en los vegetales son influenciadas en alto grado por la temperatura ambiental, en general la velocidad de las reacciones catalizadas por enzimas se incrementa con la temperatura.

En el CAM la RFA (por encima del follaje) registrada con la barra cuántica se ubicó entre 1820,48 y

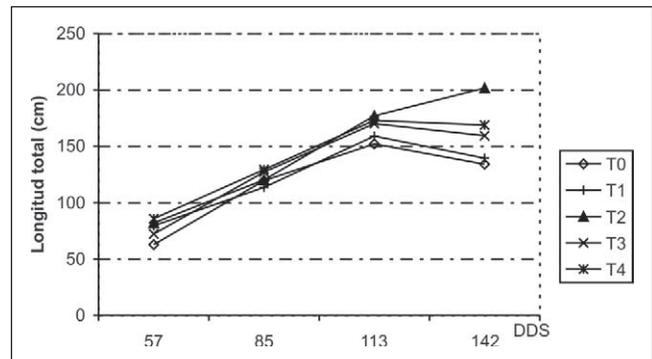


Figura 1. Efecto de las densidades de tallos sobre la longitud total por planta en papa Parda pastusa en el CAM.

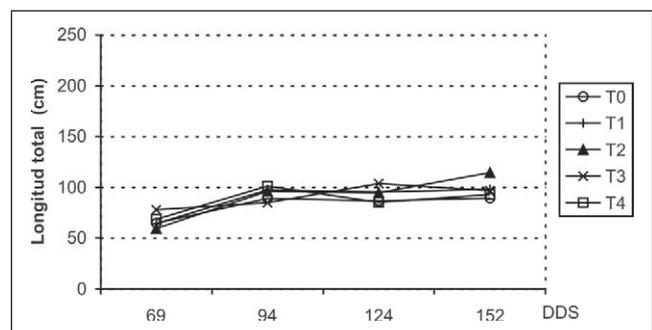


Figura 2. Efecto de las densidades de tallos sobre la longitud total por planta en papa Parda pastusa en San Jorge.

2422,48 $\mu\text{moles}/\text{m}^2\text{-s}$ para el estadio de formación de partes vegetativas cosechable, y entre 626,88 y 745,60 $\mu\text{moles}/\text{m}^2\text{-s}$ para el estadio principal de floración. En San Jorge, la RFA registró niveles entre 1429,63 y 2370,43 $\mu\text{moles}/\text{m}^2\text{-s}$ para el estadio de formación de partes vegetativas cosechables y entre 595,55 y 803,75 $\mu\text{moles}/\text{m}^2\text{-s}$ para el estadio principal de floración. Los valores más bajos de RFA que llegaron al follaje superior de las plantas de papa, en el estadio de partes vegetativas en San Jorge, fue bajo posiblemente por la presencia de nubes más frecuentes en esta localidad. La mayor incidencia de RFA en el CAM fue favorable para el desarrollo de plantas de mayor altura y cobertura, con follaje mejor establecido (con hábito de crecimiento decumbente) para interceptar mejores proporciones de RFA.

Área foliar e índice de área foliar

En ambas localidades, el área foliar fue diferente estadísticamente. En el CAM se presentaron los promedios más altos tanto para el estadio de floración (113 dds) como para el ciclo total de crecimiento; probablemente factores como la RFA y la temperatura promovieron la elongación celular de las láminas foliares. De igual forma la asignación de materia seca hacia las hojas (Figura 3) ocurrió hasta los 113 dds, época en la cual las plantas de papa se encontraban en el estadio principal de floración exportando la materia seca para formación y llenado de los tubérculos principalmente (Figura 11). La mayor expansión foliar a los 113 dds fue el T1 (8.907,71 cm^2), mientras el T4 (4.251,61 cm^2) presentó la menor acumulación, probablemente porque a altas densidades de tallos se impone una competencia extrema que reduce en alguna medida los recursos disponibles del suelo (agua y nutrientes inorgánicos) y de la atmósfera (CO_2 , O_2 y RFA).

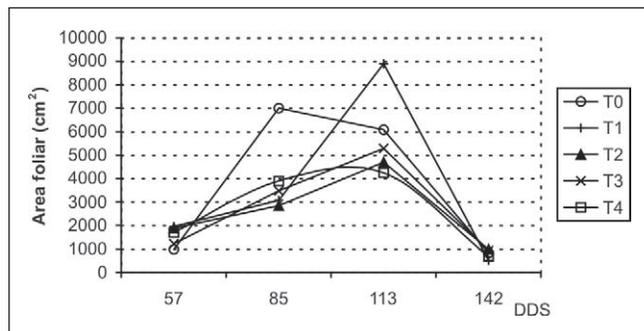


Figura 3. Efecto de las densidades de tallos sobre el área foliar por planta en papa Parda pastusa en el CAM.

En San Jorge se presentó un comportamiento similar al CAM para el área foliar. En los tratamientos T0 y T3 el área foliar se incrementó hasta 94 dds, mientras en los tratamientos T1, T2 y T4 dicho incremento ocurrió hasta los 124 dds, como se observa en la Figura 4. En el estadio de floración (a los 124 dds) el tratamiento de mayor acumulación de materia seca en hojas para expansión foliar fue el T1 (3.739,53 cm^2) y el de menor acumulación para esta variable fue T3 (2.173,35 cm^2).

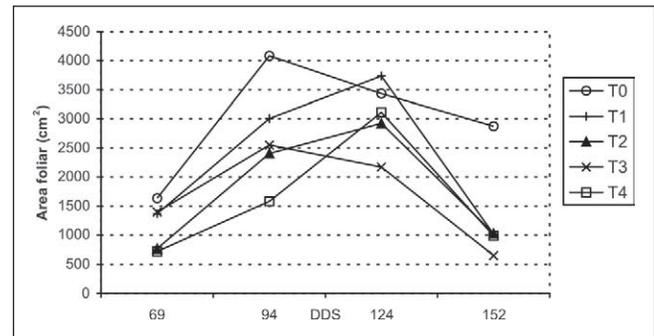


Figura 4. Efecto de las densidades de tallos sobre el área foliar por planta en papa Parda pastusa en San Jorge.

El IAF no presentó diferencias significativas entre las densidades de tallos en las localidades. La variable IAF presentó el valor más alto en el tratamiento T1 (2,27) a los 113 dds; sin embargo, durante el ciclo biológico en todas las densidades el IAF fue óptimo para la captación de porcentajes superiores al 90% de la RFA en la localidad del CAM (Figura 5). En San Jorge (Figura 6) el IAF presentó el valor más alto en el tratamiento T1 (2,82) a los 124 dds en el estadio fenológico de floración. La densidad que presentó el valor más bajo de IAF fue el T3 (1,67). El cultivo de papa presenta hojas dispuestas horizontalmente y la mayor captación de RFA (óptima) se alcanza a valores de IAF cercanos a 4,0 (con

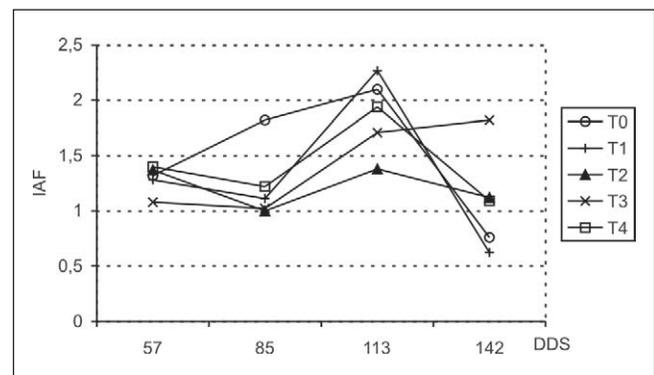


Figura 5. Efecto de las densidades de tallos sobre el Índice de área foliar por planta en papa Parda pastusa en el CAM.

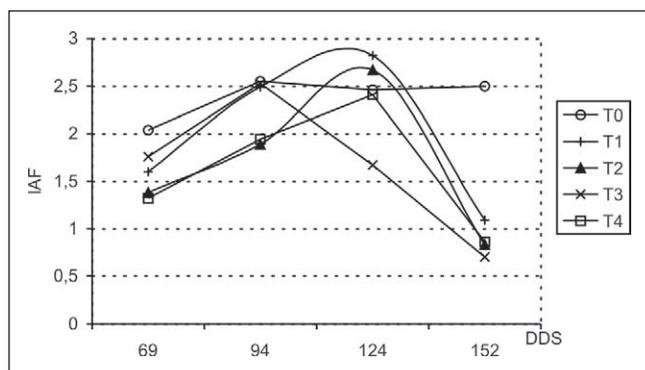


Figura 6. Efecto de las densidades de tallos sobre el Índice de Área Foliar (IAF) por planta en papa Parda pastusa en San Jorge.

porcentajes de intercepción solar que están entre 90 y 95% (Hay y Walker, 1989; Khurana y McLaren, 1982). Para las plantas expuestas a competencia se generan cambios en el área foliar y en el IAF, los cuales inducen una señal para los sistemas de control a nivel genético frente a condiciones de sombreado por plantas vecinas (Koller, 1990). Las plantas de papa responden de manera plástica, aclimatándose a los diferentes niveles de RFA, respuestas que involucran, tanto la morfología de la planta completa, como la fisiología de los cloroplastos (Ballaré *et al.*, 1995).

Acumulación de materia seca en hojas

En el ANAVA realizado para la materia seca en hojas no se encontraron diferencias entre densidades en San Jorge; sin embargo, en el CAM, durante el tercero y cuarto muestreos, se encontraron diferencias. Durante el ciclo biológico de las plantas de papa cv. Parda pastusa expuestas a las densidades en estudio, el potencial genético y las condiciones ambientales afectaron el proceso de crecimiento de las hojas. En el CAM (Figura 7) durante el estadio principal de desarrollo de partes vegetativas, los tratamientos presentaron valores de acumulación muy próximos entre sí; (4,12; 6,67; 8,43; 4,68 y 7,92 g, respectivamente en T0, T1, T2, T3 y T4); a los 85 dds los tratamientos T0 y T3 presentaron los valores más altos de acumulación de materia seca en hojas (39,07 y 36,21 g, respectivamente). A los 113 dds, en el estadio de floración, la mayor acumulación de materia seca en hojas se presentó para T1 (68,26 g); mientras la densidad T4 presentó el valor más bajo para esta variable (24,71 g). A los 142 dds, en el estadio de senescencia, disminuye la acumulación de materia seca en hojas debido a la muerte celular del follaje.

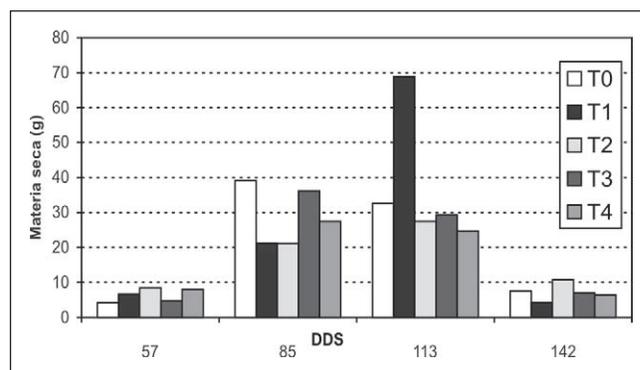


Figura 7. Efecto de las densidades de tallos sobre la materia seca de hojas por planta en papa Parda pastusa en el CAM.

En el estadio de floración, la cobertura del dosel vegetal permitió la captación de RFA (Tabla 3) requerida en el proceso de fotosíntesis (entre 626,88 y 745,60 $\mu\text{moles}/\text{m}^2\text{-s}$ en el CAM y 595,55 y 803,35 $\mu\text{moles}/\text{m}^2\text{-s}$ en San Jorge). El arreglo espacial del follaje determina la relación espectral fotocromo rojo y rojo lejano (r:rf) y permite a las plantas detectar la proximidad de las plantas vecinas; esta información se percibe por los fotorreceptores fitocromo

Tabla 3. Datos de radiación registrados con la barra cuántica en el CAM y en San Jorge.

Localidad	Estadio	Tratamiento	Radiación solar Canopy arriba	Radiación solar Canopy abajo
CAM	Estadio formación partes vegetativas cosechables	T0	2.251,78	659,45
CAM		T1	2.266,73	485,30
CAM		T2	1.820,43	1.021,63
CAM		T3	1.917,93	498,66
CAM		T4	2.422,48	334,16
CAM	Estadio principal de floración	T0	626,88	86,83
CAM		T1	685,63	48,52
CAM		T2	745,60	60,99
CAM		T3	718,80	34,59
CAM		T4	724,33	115,97
San Jorge	Estadio formación partes vegetativas cosechables	T0	1.429,63	746,20
San Jorge		T1	2.029,95	1.165,55
San Jorge		T2	2.370,43	1.836,80
San Jorge		T3	2.031,70	1.169,95
San Jorge		T4	1.448,53	889,43
San Jorge	Estadio principal de floración	T0	595,55	447,88
San Jorge		T1	758,10	442,58
San Jorge		T2	678,15	287,00
San Jorge		T3	655,30	389,18
San Jorge		T4	803,35	431,00

y criptocromo de las plantas; disparando respuestas fototrópicas específicas que modifican la geometría de las plantas para el aprovechamiento de la RFA (Hutching y De Kroon, 1994). En San Jorge (Figura 8) en el estadio de desarrollo de estructuras vegetativas la acumulación de materia seca en hojas presentó valores muy próximos entre las densidades T0, T1, T2 y T3 a los 69 dds (7,64, 5,62, 7,20 y 6,24 g, respectivamente), en el T4 se presentó la más baja acumulación de materia seca en hojas (2,85 g); a los 94 dds el T0 presentó la mayor acumulación (17,21 g); mientras el T4 de mayor competencia intraespecífica presentó la menor acumulación de materia seca en hojas (5,11 g); durante este estadio fenológico muchos de los recursos disponibles fueron invertidos por la planta para la formación y crecimiento de hojas que incrementan la captación de RFA, recurso importante para el proceso de fotosíntesis (Carroll *et al.*, 1990).

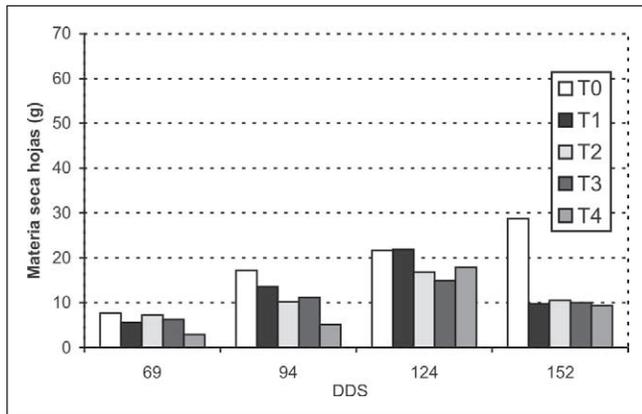


Figura 8. Efecto de las densidades de tallos sobre la materia seca de hojas por planta en papa Parda pastusa en San Jorge.

En el estadio de floración (124 dds) la materia seca en hojas presentó los valores más altos del ciclo biológico en los tratamientos T0 y T1; después de la floración, la acumulación de materia seca en las hojas se redujo cuando las plantas alcanzaron la madurez fisiológica e ingresaron en el estadio de senescencia.

Comparando las localidades la materia seca acumulada en hojas, se determinaron valores superiores en el CAM durante el ciclo de crecimiento. Los resultados encontrados en el estudio sustentan la plasticidad de esta característica vegetal. La luz ambiental es compleja y se percibe de manera desigual por el dosel de la población de las plantas de papa. La ramificación de las plantas es registrada como un componente de

la plasticidad de la morfología vegetal, que contribuye al aprovechamiento eficaz de la luz. Las señales de luz juegan un papel importante en la respuesta del follaje del cultivo de papa a cambios en las intensidad de la luz (Hutching y De Kroon, 1994).

Acumulación de materia seca en tallos

El ANAVA para la materia seca en tallos no presentó diferencias estadísticas entre densidades en las localidades.

En el CAM, la acumulación de materia seca en tallos presentó valores más altos durante el ciclo biológico en contraste con San Jorge, Figuras 9 y 10 respectivamente. El desarrollo de ramas y el hábito de crecimiento fue diferente entre localidades; en el CAM las plantas presentaron hábito de crecimiento decumbente con mayor

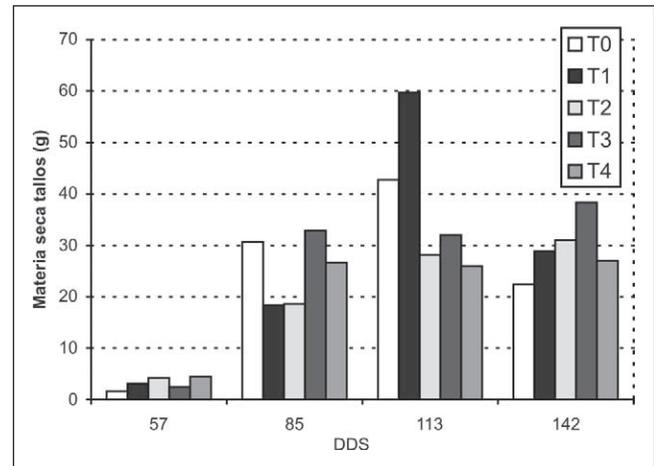


Figura 9. Efecto de las densidades de tallos sobre la materia seca de tallos por planta en papa Parda pastusa en el CAM.

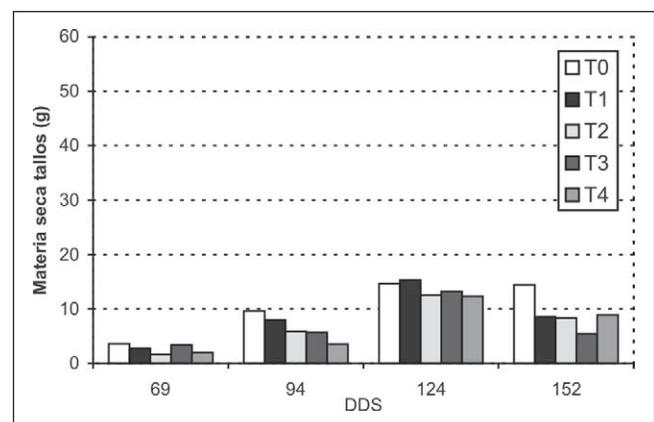


Figura 10. Efecto de las densidades de tallos sobre la materia seca de tallos por planta en papa Parda pastusa en San Jorge.

número de tallos secundarios y ramificaciones, mientras en San Jorge las plantas crecieron con disposición erecta y con menor número de tallos secundarios. Estos resultados indican que en la variedad Parda pastusa el desarrollo de ramas y el hábito de crecimiento estuvo fuertemente influenciado por las condiciones de crecimiento de los ambientes contrastantes. La biomasa de los tallos fue modulada por la densidad de tallos en las estaciones de crecimiento lo que aporta elementos para afirmar que la materia seca en tallos es un carácter plástico. La utilización de la luz está controlada por el patrón de expansión radial o vertical de tallos y yemas. Las plantas poseen mecanismos que perciben información de la luz ambiental recibida por el follaje en sistemas que controlan los patrones de ramificación y translocación de asimilados hacia las diferentes estructuras y órganos. Bajos niveles de RFA, en condiciones de competencia vegetal, reducen el número de ramificaciones, sin embargo en oposición a lo anterior, en el estudio realizado por Fonseca *et al.* (1996) se reporta que incrementando la densidad de tallos se aumentó la longitud de tallos principales y el número de ramas.

En el CAM la materia seca en tallos presentó el comportamiento propio del crecimiento vegetal (Figura 9). En el estadio de floración (113 dds) el tratamiento de mayor acumulación de materia seca en tallos fue el T1 (59,70 g); mientras que el T4 de mayor densidad presentó el valor más bajo (25,96 g) encontrándose una diferencia entre los tratamientos de 33,74 g; esta variación de materia seca en tallos entre los dos tratamientos de respuesta extrema, indica que el carácter en estudio presenta plasticidad fenotípica cuando se imponen condiciones de competencia por recursos. La ramificación de las plantas se registra como un componente de plasticidad de la morfología vegetal, que contribuye al aprovechamiento eficaz de la luz (Hutching y De Kroon, 1994).

En San Jorge el valor más alto de acumulación de materia seca en tallos se presentó en el estadio de floración (124 dds) (Figura 10); después del establecimiento de raíces, tallos y hojas, la planta asigna los fotoasimilados que se sintetizan para la formación y llenado de los tubérculos; en el estadio fenológico de floración, en el momento en que las plantas alcanzan la madurez fisiológica se reduce la acumulación de materia seca en tallos y órganos no cosechables (Li, 1985). Los tratamientos T0 y T1 presentaron los valores más altos de acumulación a los 124 dds (14,59 y 15,3 g, respectivamente)

mientras el T2 presentó el valor más bajo (12,0 g); esta variación indica que la acumulación de materia seca en tallos puede presentar un comportamiento plástico en la variedad Parda pastusa.

La acumulación de materia seca en tallos en las localidades presentó respuestas diferentes por efecto de las densidades de tallos. La acumulación de materia seca en tallos fue menor en San Jorge; cuando la relación espectral del rojo: rojo lejano decrece, como consecuencia de la competencia entre plantas que crecen bajo condiciones de sombreado y bajo condiciones ambientales diferentes, se reduce el número de ramificaciones (Barnes y Bugbee, 1991)

Acumulación de materia seca en tubérculos

La variable respondió demostrando curvas normales (Figura 11 y 12) de crecimiento desde el inicio de la tuberización hasta el llenado final de los tubérculos (Allen, 1978), que se relacionan con las gráficas de Índice de Área Foliar (IAF).

El IAF se incrementó marcadamente después de los 85 días de siembra en el CAM (Figura 11) y hacia los 94 dds en San Jorge (Figura 12); en estas épocas se inició la tuberización en cada una de las localidades respectivamente; estos resultados indican que los foto-asimilados fueron asignados en este estadio fenológico para la formación y llenado de los tubérculos que presenta mayor demanda de asimilados (Gawroska *et al.*, 1984).

En general, en ninguna localidad ni en las densidades de tallos evaluadas, se presentaron diferencias significativas en la acumulación de materia seca (Tabla 4); estos resultados indican que en condiciones de extrema competencia, las plantas responden fenotípicamente sintetizando mayor proporción de asimilados para contrarrestar el efecto de competencia por RFA (Dwell, 1990). Tan pronto como las plantas crecieron se inició la interferencia entre plantas próximas en las densidades, compitiendo por la obtención y distribución de recursos hacia los tubérculos.

Al comparar las dos localidades se observa que las condiciones ambientales de crecimiento: humedad relativa, temperatura, RFA y nutrientes inorgánicos del suelo, a pesar de ser diferentes en las localidades, determinaron respuestas de acumulación de materia seca en tubérculos muy semejantes.

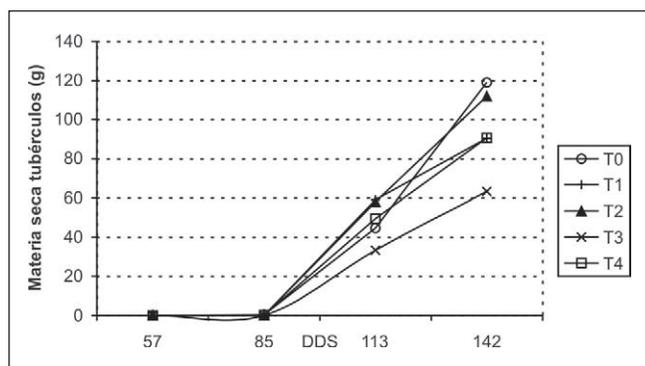


Figura 11. Efecto de las densidades de tallos sobre la materia seca de tubérculos por planta en papa Parda pastusa en el CAM.

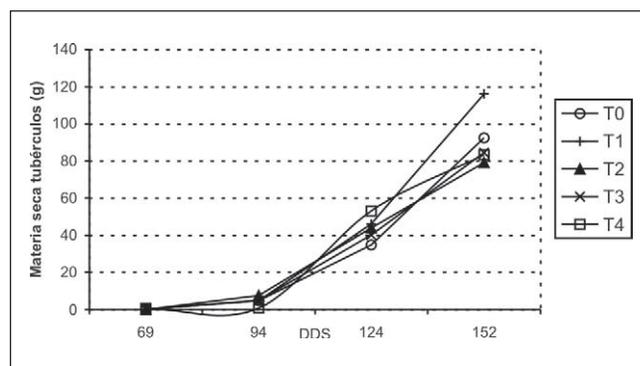


Figura 12. Efecto de las densidades de tallos sobre la materia seca de tubérculos por planta en papa Parda pastusa en San Jorge.

Tabla 4. Análisis de varianza para materia seca en tubérculos del muestreo 1 al 4 en el CAM y en San Jorge.

Localidad	CAM					San Jorge				
	F de V	GL	CME1	CME2	CME3	CME4	CME1	CME2	CME3	CME4
Repetición	3		0.00	0.07	332.16	470.81	0.24	19.85	110.08	1687.56
Trata/to	4		0.00	0.08	444.30	1921.16*	0.24	23.66	182.87	889.25
T	1		0.00	0.00	104.65	2837.54*	0.29	24.82	369.05	1004.00
T*T	1		0.00	0.33	114.57	499.80	0.59	53.41	0.42	16.28
T**T	1		0.00	0.00	1253.28*	266.77	0.04	7.81	360.00	1185.92
T*T*T	1		0.00	0.01	304.72	4080.52*	0.03	8.59	2.02	1350.80
E. Expe	12		0.00	0.12	322.01	684.25	0.48	20.08	225.97	1794.59
Total	19									
Promedio			0.00	0.10	48.98	95.19	0.27	4.60	43.66	91.22
C V (%)			0.00	329.63	36.63	27.47	0.73	97.30	34.42	46.43
R ²			0.00	0.27	0.41	0.52	0.22	0.39	0.28	0.28
DMS			0.00	0.34	19.55	28.50	0.75	4.88	16.38	46.17

CAM: 1=57 dds, 2=85 dds, 3=113 dds, 4=142dds.

San Jorge: 1=69 dds, 2=94 dds, 3=124dds, 4=152 dds.

*= Significancia (P<0.05).

**= Altamente significativo (P<0.01).

Acumulación de materia seca total

En el ANAVA realizado no se encontraron deferencias entre las densidades de tallos evaluadas para la acumulación de materia seca total. En el CAM (Figura 13), la acumulación de materia seca total por planta presentó un incremento de la biomasa total por planta (fase logarítmica) en la que el tamaño del vegetal aumentó en forma exponencial hasta los 85 dds, en el estadio de desarrollo de partes vegetativas. Entre los 85 y 113 dds se presentó la fase lineal en la que el aumento de tamaño de las plantas de papa continuó incrementándose hasta un valor máximo que se presentó a los 113 dds para

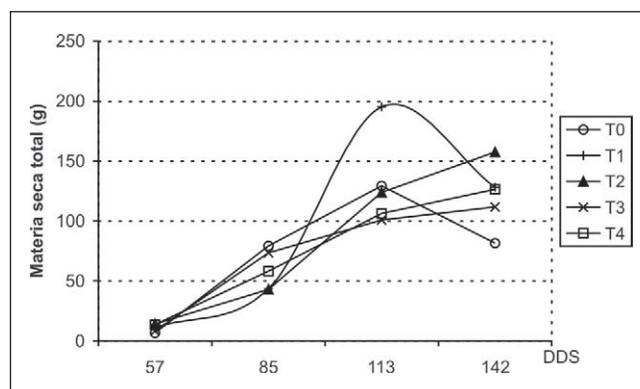


Figura 13. Efecto de las densidades de tallos sobre la acumulación de materia seca total por planta en papa Parda pastusa en el CAM.

todas las densidades de tallos. Después de los 113 dds se presentó una disminución en la acumulación de materia seca total en la fase de senescencia, caracterizada por la velocidad decreciente del crecimiento a medida que las plantas alcanzan la madurez fisiológica y comienzan a senecer. Este comportamiento descrito es sigmoide y típico de una curva de crecimiento (Squire, 1990).

En San Jorge, la acumulación de materia seca total se incrementó progresivamente (fase logarítmica) (Figura 14); la división, elongación y diferenciación celular ocurrió a medida que transcurrió el estadio de desarrollo de partes vegetativas hasta los 94 dds; entre los 94 y 152 dds se observó la fase exponencial de duración más larga y caracterizada por un aumento en el crecimiento de estructuras y órganos a una velocidad máxima en todas las densidades de tallos en estudio. En ambas localidades del estudio la acumulación de materia seca total en las plantas de papa bajo condiciones de interferencia se relaciona de manera directa con los modelos de competencia vegetal, donde se observa la posible plasticidad fenotípica de esta característica. El potencial genético de las plantas de papa y las condiciones ambientales afectaron la fotosíntesis neta y determinaron la velocidad de crecimiento vegetal.

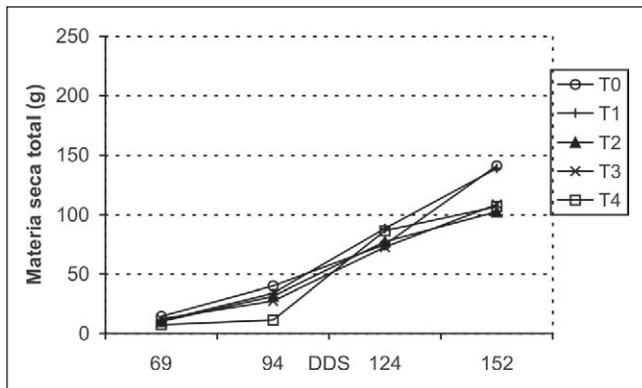


Figura 14. Efecto de las densidades de tallos sobre la acumulación de materia seca total por planta en papa Parda pastusa en San Jorge.

Bibliografía

Allen, E. J. 1978. The potato. The scientific basis for improvement. Harris and Hall, Londres, pp. 71-189.

Ballaré, C.; A. Scopel y R. Sánchez. 1995. Plan photomorphogenesis in canopies, crop growth, and yield. HortScience 30(6), 1172-1181.

Barnes, C. y B. Bugbee. 1991. Morphological responses of wheat to blue light. Plant Physiology 139, 339-342.

Carrol, D.; J. Vandermeer y P. Rosset. 1990. Agroecología. McGraw Hill. Madrid.

Coombs, J.; D. Hall; S. Long y J. Scurlock. 1988. Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad. Chapingo. UNEP. México D.F.

Dwell, R. B. 1990. Source/sink relationship during tuber growth. American Potato Journal 67, 828-833.

Fonseca, H.D.; K.I. Asanuma y A. Kusutani. 1996. Growth and yield of potato cultivars in spring cropping. Plant morphology, growth, assimilate partitioning and yield under two planting densities. Japanese Journal of Crop Science 65(2), 269-276.

Gawroska, H.; R.B. Dwell; J.J. Pavak y P. Rowe. 1984. Partitioning of photoassimilates by for potato clones. Crop Science, 1031-1036.

Hay, Robert. y A. Walker. 1989. An introduction to the physiology of crop yield. Chapingo. México.

Hutchings, M.J. y H. de Kroon. 1994. Foraging in plants. The role of morphological plasticity in response acquisition. Advanced Ecological Research 25, 159-238.

Ifenkwe, O.P. y E.J. Allen. 1975. Effect of row width and plan density on growth and development of two maincrop potato varieties. Journal of Agricultural Research 91, 268-278.

Khurana, S.C. y J.S. McLaren. 1982. The influence of leaf area, light interception and season on potato growth and yield. Potato Research 25, 329-342.

Koller, D. 1990. Light driven leaf movements. Plant Cell and Environment 13, 615-632.

Li, P. 1985. Potato Physiology. Academic Press, Londres, pp. 34-58.

Midmore, D.J. 1988. Potato (*Solanum spp.*) in the tropics. VI. Plant population effects on soil temperature, plant development and tuber yield. Field Crops Research 19, 183-200.

Salisbury, F. y C. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamericano, México D.F., pp. 376-377.

Squire, R. 1990. The physiology of tropical crop production. CAB. International. Wallingford.

Vos, J. 1995. The effects of nitrogen supply and steam density on leaf attributes and stem branching in potato (*Solanum tuberosum*. L). Potato Research 38, 271-279.

Warren, W.J. 1981. Analysis of growth, photosynthesis and light interception for single plants and stands. Annals of Botany. 48, 507-512.