

Densidad de población y su efecto sobre el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L. cv. Parda pastusa)

Population density and its effect on potato yield (*Solanum tuberosum* L. cv. Parda pastusa)

Loyla Rodríguez¹, Germán Corchuelo² y Carlos E. Núñez³

Resumen: En dos localidades del departamento de Cundinamarca, el Centro Agropecuario Marengo (Mosquera, 2.550 m.s.n.m) y el Centro ICA San Jorge (Soacha, 3.100 m.s.n.m), se evaluó el efecto de la densidad de población (50.000, 125.000, 200.000, 275.000 y 350.000 plantas·ha⁻¹) sobre el rendimiento de tubérculos en *Solanum tuberosum* L. variedad Parda pastusa aplicando el postulado de Duncan (1958). La competencia entre plantas determinó la respuesta del rendimiento de tubérculos por planta y por hectárea. En todas las categorías del tubérculo evaluadas se encontraron relaciones lineales negativas para el rendimiento por planta en función de la densidad, lo cual sustenta la plasticidad fenotípica del rendimiento frente al espaciado vegetal. Los resultados permitieron confirmar el postulado de Duncan, que propone que el rendimiento promedio por planta se reduce como consecuencia de la competencia por recursos del suelo y de la atmósfera. Los resultados aportan elementos de trabajo y discusión para que a partir de dos densidades de plantas evaluadas se estimen los rendimientos por planta y por hectárea en cultivos de papa.

Palabras clave: Competencia, densidad de tallos, fisiología de la papa.

Abstract: The effect of population density (50,000, 125,000, 200,000, 275,000 and 350,000 plants·ha⁻¹) was evaluated on *Solanum tuberosum* L., variety 'Parda Pastusa', tuber yield at the Marengo experimental station (Mosquera, 2,550 m.a.s.l.) and ICA San Jorge Centre (Soacha, 3,100 m.a.s.l.) in the Cundinamarca department of Colombia by applying the Duncan's postulate. The competition among plants determined the answer of the tuber yield per plant and per hectare. In all the categories of the evaluated tuber they were relationships lineal negatives for the yield per plant in function of the density, it sustains the phenotypic plasticity of the yield in front of the vegetable spacing. The results allowed to confirm the postulate of Duncan (1958) that proposes that the yield average per plant decreases as consequence of the competition for resources of the ground and of the atmosphere. The results contribute work elements and discussion so that starting from two densities of evaluated plants, be considered the yields per plant and per hectare in potato crops.

Key words: Competition, stems density, potato physiology.

Introducción

MUNDIALMENTE SE RECONOCE la importancia del cultivo de papa como alimento básico por sus cualidades nutricionales, su alto contenido de carbohidratos y buena calidad de la proteína (Estrada, 2000). En el campo de la agricultura sostenible es necesaria la continua utilización de tecnologías agronómicas que permitan obtener mejores logros productivos traducidos en mejores rendimientos.

El establecimiento de una adecuada relación entre el rendimiento de tubérculos por unidad de área y la densidad de plantas, requiere la identificación de una unidad de densidad. En algunos casos se recomienda el uso del número de ojos (puntos de crecimiento de yemas en el tubérculo) como escala de densidad; no obstante, esta práctica presenta problemas porque el desarrollo de las yemas está controlado por el régimen de brotación particular de cada variedad. La utilización del número de

Fecha de recepción: 19 de abril de 2004.

Aceptado para publicación: 27 de mayo de 2004.

1 Profesora, Facultad de Ciencias Agrarias, Programa de Ingeniería Agronómica, Universidad de Cundinamarca –UDECA–, Fusagasuga.

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

3 Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: cenzutezl@unal.edu.co

brotos como unidad de densidad es aconsejable siempre que se tengan en cuenta solamente los tallos principales en el momento de emergencia de las plantas. Por su parte, el uso del número de tubérculos semilla como escala de densidad presupone que los tubérculos que se van a sembrar son del mismo tamaño. En la práctica, la densidad en el cultivo de papa se establece sembrando tubérculos semilla que dan origen a las plantas. A pocas semanas de la emergencia del cultivo de papa, cada uno de los meristemos originados de los puntos de crecimiento del tubérculo-madre se convierten en meristemos caulinares de plantas independientes; éstos presentan tallos secundarios por ramificación y cada tallo posee la capacidad para formar raíces, tallos, hojas, estolones y tubérculos de una planta individual (Allen, 1978; Hay y Walker, 1989).

En consecuencia, la densidad de un cultivo de papa consta de dos componentes: el primero es el número de sitios de siembra (tradicionalmente denominado ‘densidad de plantas’); el segundo componente es el número de tallos por sitio. De esta manera, la verdadera densidad del cultivo denominada ‘densidad de tallos’ es el resultado de la densidad de sitios por su número de tallos (Weirsema, 1987).

Las plantas responden a las condiciones ambientales y esto les ha permitido desarrollar mecanismos para tolerar y/o superar las condiciones adversas (falta de agua, altas y bajas temperaturas, escasez de nutrientes, depredación, etcétera). Entre los mecanismos adquiridos se encuentra la plasticidad, que es una medida de la proporción en que las expresiones de las características fenotípicas cambian debido al efecto de la variación ambiental (Bradshaw, 1965). Es reconocido que la plasticidad vegetal es la característica por la cual una planta puede crecer y reproducirse en cualquier ambiente variando su forma o manteniendo una forma constante. La estabilidad indica una condición en la cual no ocurren muchos cambios y la regulación interna es la tendencia de un sistema a mantener sus características morfológicas y fisiológicas constantes.

La plasticidad es un mecanismo que favorece a las especies ante condiciones heterogéneas, lo que hace que éstas respondan positivamente a la selección natural, definida como la preservación de las variaciones ventajosas y la eliminación de las no ventajosas. Ya en *El origen de las especies*, Ch. Darwin (1975) señalaba que las variedades y subvariedades de papa muestran diferen-

cias mínimas en estructura y desarrollo entre ellas, lo cual hace que toda su organización presente cambios en su forma. Las variables ambientales pueden estar representadas por factores bióticos (enfermedades, depredación, etcétera) y abióticos (agua, luz, temperatura, humedad, sustrato, etcétera), que influyen en mayor o menor grado en el patrón de desarrollo, la forma y el funcionamiento de los organismos vegetales.

El objetivo del trabajo fue evaluar la respuesta del rendimiento de tubérculo de papa en la variedad Parda pastusa, frente a cinco densidades de plantas por hectárea, a fin de validar la aplicación del postulado de Duncan.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el departamento de Cundinamarca, bajo las condiciones ambientales del Centro Agropecuario Marengo (CAM) (Mosquera, 2.550 m.s.n.m.) y en el Centro ICA San Jorge (Soacha, 3100 m.s.n.m). Los experimentos se sembraron bajo el diseño de bloques completos al azar, con cinco tratamientos de densidad (Tabla 1), en unidades experimentales de 20 m² (4 surcos de 5 m de largo) y 4 repeticiones. Como semilla se utilizaron mini-tubérculos (categoría elite) de la variedad Parda pastusa (*Solanum tuberosum* spp. *adg*) con tamaño promedio de 2 cm.

Durante la cosecha, en cada unidad experimental se tomaron registros de peso de los tubérculos bajo tres categorías: la primera (diámetro > 7 cm), la segunda (diámetro entre 4 y 7 cm), la tercera (diámetro < 4 cm) y el rendimiento total (suma de las anteriores).

La información se estudió mediante análisis de regresión para el rendimiento de tubérculos en función de la densidad, considerando sus componentes lineal, cua-

Tabla 1. Tratamientos de densidad aplicados en las localidades CAM y San Jorge durante la estación de crecimiento.

Tratamiento	Densidad de tallos·ha ⁻¹	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

drático y cúbico. Adicionalmente, se realizaron análisis de regresión lineal entre el logaritmo natural del rendimiento por planta en función de la densidad de tallos con el fin de validar el postulado de Duncan.

Resultados

Rendimiento de categoría primera (RC1)

En la localidad Marengo no se encontraron diferencias entre densidades para el rendimiento de categoría primera (Tabla 2). El análisis de regresión evidenció una respuesta cuadrática en la variable (Tabla 3), observándose que el rendimiento por parcela para esta categoría, aumenta en el rango de 50.000 y 200.000 tallos·ha⁻¹, decreciendo en las densidades superiores (Figura 1). En la localidad de San Jorge tampoco se

Tabla 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para los rendimientos de tubérculos por categorías en dos localidades.

Localidad	F. de V.	G L	RC1	RC2	RC3	Rtotal
CAM	Bloques	3	7.71ns	21.11ns	13.11*	14.32ns
	Tratamientos	4	0.02ns	34.22ns	112.22**	150.15ns
	Error	12	12.65	26.61	4.03	86.24
	R ²		0.48	0.39	0.77	0.43
	C.V. (%)		20.76	25.25	21.72	19.01
	Promedio		17.12	20.42	9.25	48.85
San Jorge	Bloques	3	23.32ns	33.26ns	62.78ns	137.80ns
	Tratamientos	4	24.33ns	216.22**	0.87ns	1235.43*
	Error	12	50.83	20.17	31.79	242.82
	R ²		0.16	0.63	0.33	0.43
	C.V. (%)		43.86	23.82	53.64	29.73
	Promedio		16.25	18.85	10.51	52.41

* Significancia (P<0.05).

** Altamente significativo (P<0.01).

ns: no significativo.

Tabla 3. Cuadrados medios del análisis de regresión de las variables de rendimiento de tubérculo por categorías y localidad teniendo en cuenta los resultados de parcela.

F de V	Marengo – Modelo por parcela				San Jorge – Modelo por parcela			
	RC1	RC2	RC3	RT	RC1	RC2	RC3	RT
D	0.02	34.22	112.22**	150.15	24.3	216.22**	0.87	1235.4*
D*D	87.5*	73.14	10.28	362.61*	22.6	86.0*	0.15	445.2
D*D*D	25.6	42.02	3.02	225.62	0.04	3.02	2.35	131.0

RC1: Rendimiento de categoría primera, RC2: Rendimiento de categoría segunda, RC3: Rendimiento de categoría tercera, RT: Rendimiento total.

* Significancia (P<0.05).

** Altamente significativo (P<0.01).

encontraron diferencias entre densidades para el rendimiento de categoría primera (Tabla 2). El análisis de regresión aunque no evidenció respuesta significativa para ninguno de los componentes: lineal, cuadrático o cúbico (Tabla 3), si mostró una tendencia cuadrática similar a la de la localidad Marengo. En este caso, los valores de rendimiento fueron crecientes en el rango 50.000 y 200.000 plantas·ha⁻¹, respuesta estable en la densidad 275.000 y decreciente en la densidad 350.000 plantas·ha⁻¹ (Figura 2).

En las regresiones realizadas para evaluar el postulado de Duncan (densidad vs. log del rendimiento), la variable RC1 presentó una respuesta lineal significativa (Tabla 4), la cual fue inversa, es decir, que a mayor densidad menor es el rendimiento por planta, de tal forma que en la categoría primera el rendimiento por planta disminuyó en 0,0031 g y 0,00286 g por cada planta adicional por parcela (20 m²) en las localidades de Marengo y San Jorge, respectivamente (Figuras 3 y 4).

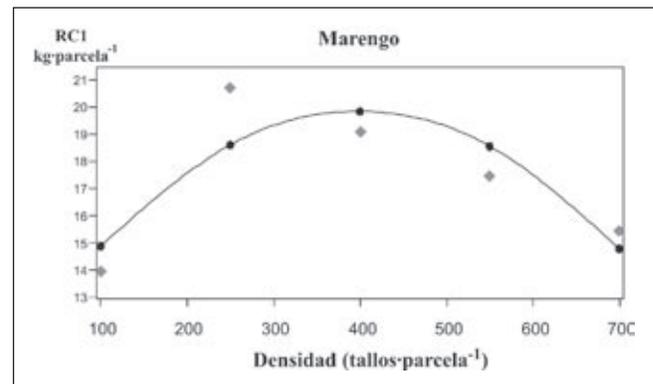


Figura 1. Curva de regresión del rendimiento por parcela de categoría primera (kg) en función de la densidad de tallos en cv. Parda pastusa. $Y=10,8027 + 0,042d - 0,00005d^2$; $CV=11,30\%$ y $R^2=0.74$.

Tabla 4. Cuadrados medios del análisis de regresión de las variables de rendimiento por categorías y localidad considerando el postulado de Duncan (densidades vs. *log* rendimiento).

Marengo – Modelo por planta Duncan					San Jorge – Modelo por planta Duncan			
F de V	RC1	RC2	RC3	RT	RC1	RC2	RC3	RT
D	8.62*	6.93**	2.61*	7.17**	7.34**	4.42**	7.01**	5.27**
D*D	0.06	0.11	0.04	0.14	0.12	0.02	0.3	0.05
D*D*D	0.00	0.01	0.00	0.00	0.13	0.00	0.11	0.00

RC1: Rendimiento de categoría primera, RC2: Rendimiento de categoría segunda, RC3: Rendimiento de categoría tercera, RT: Rendimiento total.

* Significancia ($P < 0.05$).

** Altamente significativo ($P < 0.01$).

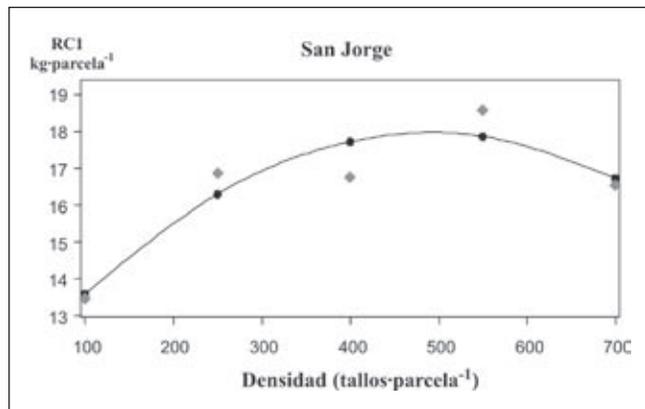


Figura 2. Curva de regresión del rendimiento por parcela de categoría primera (kg) en función de la densidad de tallos en cv. Parda pastusa. $Y = 10,9257 + 0,0278d - 0,00002d^2$; $CV = 5,79\%$ y $R^2 = 0.86$.

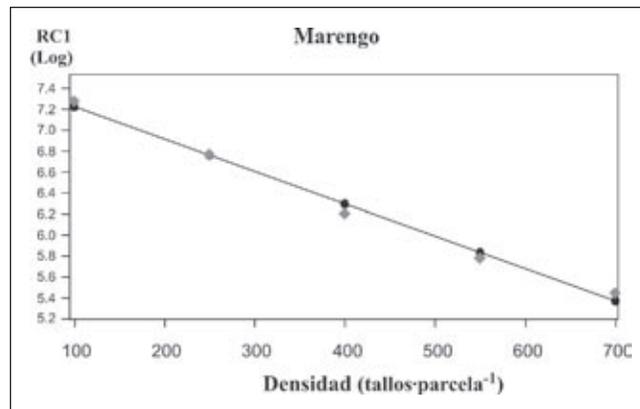


Figura 3. Curva de regresión del logaritmo natural del rendimiento por planta de categoría primera (gr) en función de la densidad de tallos en cv. Parda pastusa. $Y = 7,47039 - 0,00310d$; $CV = 1,25\%$, $R^2 = 0.99$.

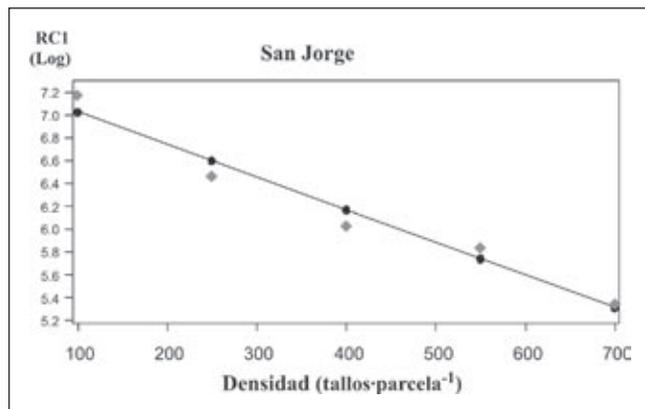


Figura 4. Curva de regresión del logaritmo natural del rendimiento por planta de categoría primera (g) en función de la densidad de tallos en cv. Parda pastusa. $Y = 7,27164 - 0,00286d$; $CV = 2.46\%$, $R^2 = 0.96$.

Rendimiento de categoría segunda (RC2)

No se encontraron diferencias entre densidades para el rendimiento por parcela de categoría segunda en la lo-

calidad Marengo y, por el contrario, si se observaron en la localidad San Jorge (Tabla 2). En la localidad Marengo el análisis de regresión no evidenció una respuesta significativa para ninguno de los componentes (lineal, cuadrático o cúbico), aunque la tendencia observada fue cuadrática (Figura 5). Por el contrario, en la localidad de San Jorge el análisis de regresión evidenció una respuesta lineal y cuadrática significativa en la variable (Tabla 3), observándose que el rendimiento por parcela para esta categoría, aumentó en el rango de 50.000 y 275.000 tallos·ha⁻¹, decreciendo en la densidad de 350.000 tallos·ha⁻¹, situación que explica las respuestas observadas (Figura 6).

En las regresiones realizadas para el postulado de Duncan (densidad vs. *log* del rendimiento), la variable RC2 presentó una respuesta lineal altamente significativa (Tabla 4) que –al igual que en el caso anterior–, fue inversa, es decir, que a mayor densidad menor es fue rendimiento por planta, de tal forma que en la categoría segunda el rendimiento por planta disminuyó en

0,00279 g y 0,00222 g por cada planta adicional por parcela (20 m²) en las localidades de Marengo y San Jorge respectivamente (Figuras 7 y 8).

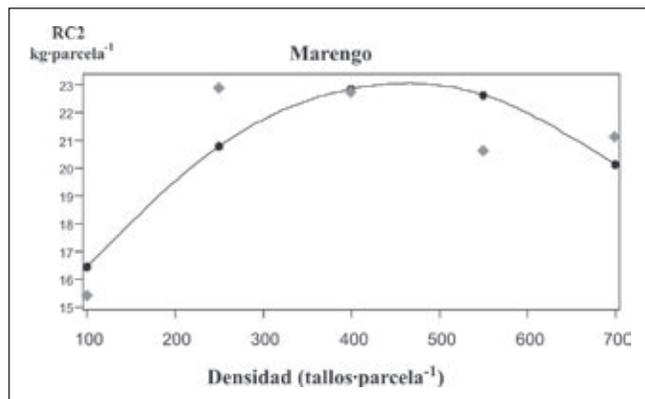


Figura 5. Curva de regresión del rendimiento por parcela de categoría segunda (kg) en función de la densidad de tallos en cv. Parda pastusa. $Y=12,1170 + 0,046d - 0,00005d^2$; $CV=11.22\%$, $R^2=0.71$.

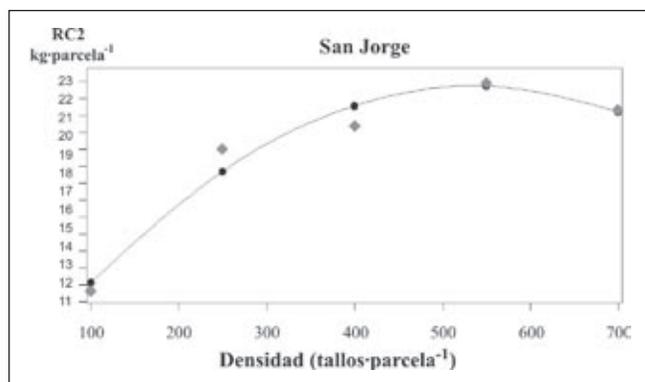


Figura 6. Curva de regresión del rendimiento por parcela de categoría segunda (kg) en función de la densidad de tallos en cv. Parda pastusa. $Y=6.3158+0.059d-0.00005d^2$; $CV=6.29$ y $R^2=0.96$.

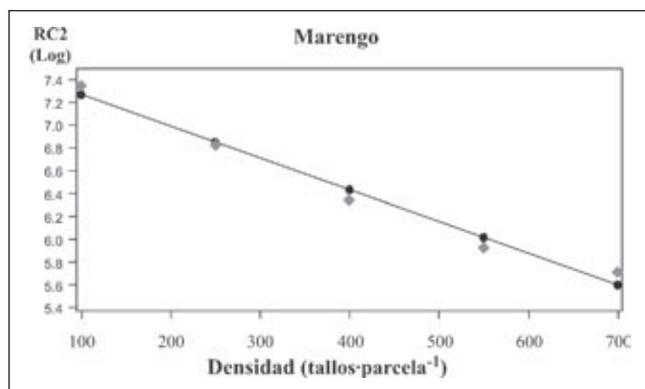


Figura 7. Curva de regresión del logaritmo del rendimiento de calidad segunda por planta (g) en función de la densidad de tallos en cv. Parda pastusa. $Y=7.51383-0.00279d$; $CV=1.63$ y $R^2=0.98$.

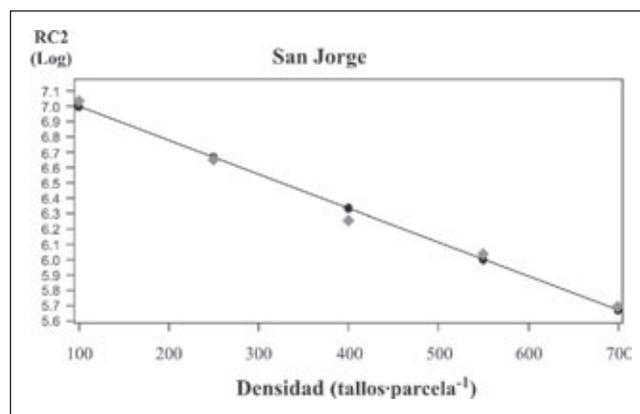


Figura 8. Curva de regresión del logaritmo del rendimiento de calidad segunda por planta (g) en función de la densidad de tallos en cv. Parda pastusa. $Y=7.18892-0.00222d$; $CV=0.91$ y $R^2=0.99$

Rendimiento de categoría tercera (RC3)

En el rendimiento por parcela de esta categoría se encontraron diferencias entre las densidades en Marengo y ninguna diferencia en San Jorge (Tabla 2). En la localidad Marengo el análisis de regresión evidenció una respuesta lineal significativa en la variable (Tabla 3), observándose que el rendimiento por parcela para esta categoría aumentó en todo el rango de evaluación 50.000 y 350.000 tallos·ha⁻¹ (Figura 9), lo cual significa que en esta localidad el aumento de la densidad fue determinante para el aumento de la producción de tubérculos pequeños, resultado que es coherente en razón de que a mayor competencia se afecta de manera importante la actividad fotosintética y, por lo tanto, la acumulación y partición de asimilados hacia los tubérculos en forma-

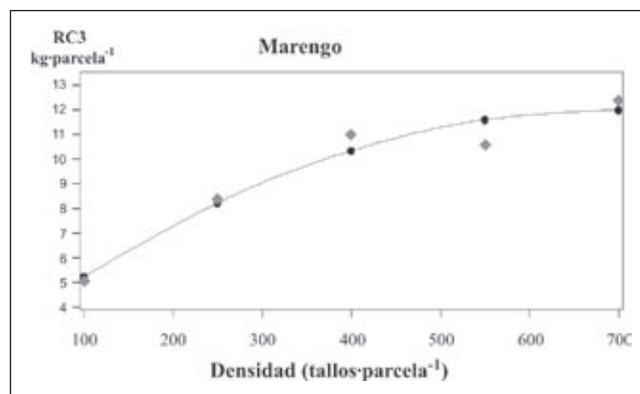


Figura 9. Curva de regresión del rendimiento por parcela de categoría tercera (kg) en función de la densidad de tallos en cv. Parda pastusa. $Y=2.5928+0.0264d-0.00001d^2$; $CV=9.54$ y $R^2=0.95$.

ción y llenado (Ballaré *et al*, 1995). Por el contrario, en la localidad de San Jorge la respuesta de esta variable presentó mucha dispersión (Figura 10), resultado que lo corrobora el alto coeficiente de variación observado (Tabla 2), por lo cual no se puede adelantar ninguna conclusión al respecto.

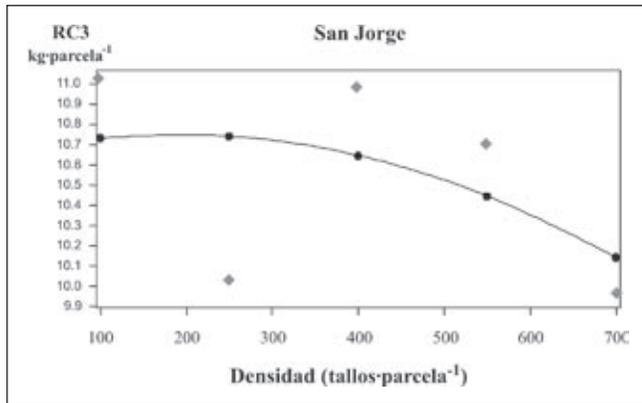


Figura 10. Curva de regresión del rendimiento por parcela de categoría tercera (kg) en función de la densidad de tallos en cv. Parda pastusa. $Y=10.638+0.00085d-0.000002d^2$; $CV=6.04$ y $R^2=0.23$.

En las regresiones realizadas para el postulado de Duncan (densidad vs. *log* del rendimiento), la variable RC3 presentó una respuesta lineal significativa (Tabla 4), que como en las variables anteriores fue inversa, es decir, que a mayor densidad menor fue el rendimiento por planta, de tal forma que en la categoría tercera el rendimiento por planta se redujo en 0,00171 g y 0,0028 g por cada planta adicional por parcela (20 m²) en las localidades de Marengo y San Jorge respectivamente (Figuras 11 y 12).

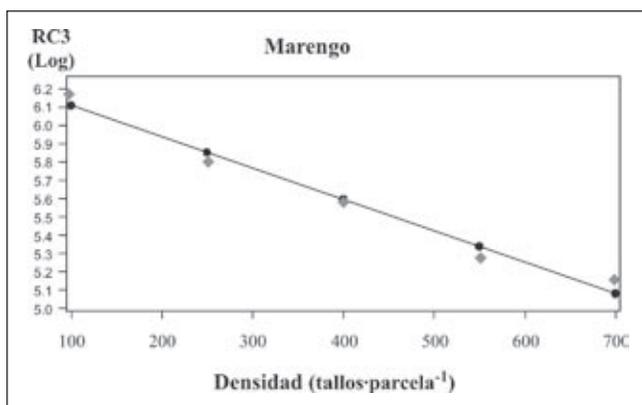


Figura 11. Curva de regresión del logaritmo del rendimiento de calidad segunda por planta (g) en función de la densidad de tallos en cv. Parda pastusa. $Y=6.24936-0.00171d$; $CV=1.30$ y $R^2=0.97$.

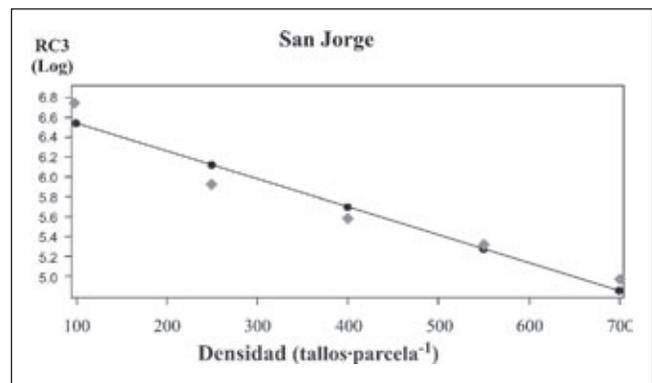


Figura 12. Curva de regresión del logaritmo del rendimiento de calidad segunda por planta (g) en función de la densidad de tallos en cv. Parda pastusa. $Y=6.76264-0.00280d$; $CV=3.30$ y $R^2=0.94$.

Rendimiento total de tubérculo (RT)

El análisis de varianza para el rendimiento total de tubérculo por parcela presentó diferencias entre las densidades evaluadas en la localidad San Jorge y ninguna en la localidad Marengo (Tabla 2). Este resultado nos indica que el ambiente de evaluación tuvo alta influencia sobre la respuesta de la variable y, seguramente, ello se explica por las diferencias en la humedad del suelo en el ciclo de crecimiento de los experimentos, siendo inferior en la localidad de San Jorge.

En la localidad Marengo el análisis de regresión evidenció una respuesta significativa para el componente cuadrático (Tabla 3), aumentando la respuesta de la variable en el rango comprendido entre 50.000 y 200.000 tallos·ha⁻¹ y decreciendo en las densidades superiores (Figura 13). En la localidad de San Jorge se evidenció una respuesta lineal significativa (Tabla 3) y, en este caso, la respuesta de la variable fue lineal en el rango comprendido entre 50.000 y 275.000 tallos·ha⁻¹, siendo la respuesta estable en la densidad 350.000 (Figura 14). Este resultado se puede explicar en razón de que al existir menor humedad en el suelo durante el ciclo de crecimiento del cultivo en esta localidad, las plantas crecieron menos y la competencia tuvo menor efecto a mayor densidad sobre la variable de rendimiento total.

En las regresiones realizadas para el postulado de Duncan (densidad vs *log* del rendimiento), la variable RT presentó una respuesta lineal altamente significativa (Tabla 4), la cual –al igual que en todas las variables anteriores–, fue inversa, es decir, que a mayor densi-

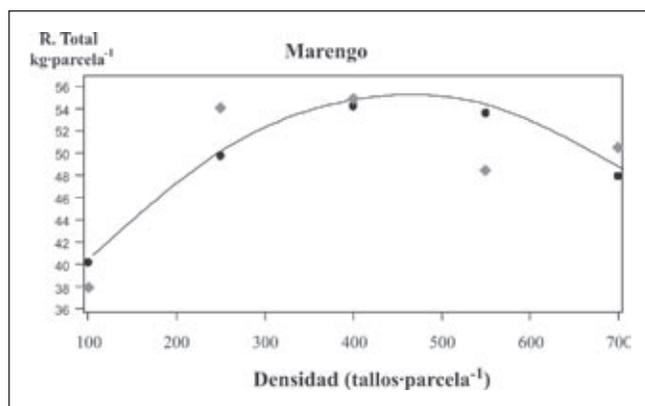


Figura 13. Curva de regresión del rendimiento por parcela de categoría tercera (kg) en función de la densidad de tallos en cv. Parda pastusa. $Y=30.677+0.1033d-0.0001d^2$; $CV=10.95$ y $R^2=0.69$.

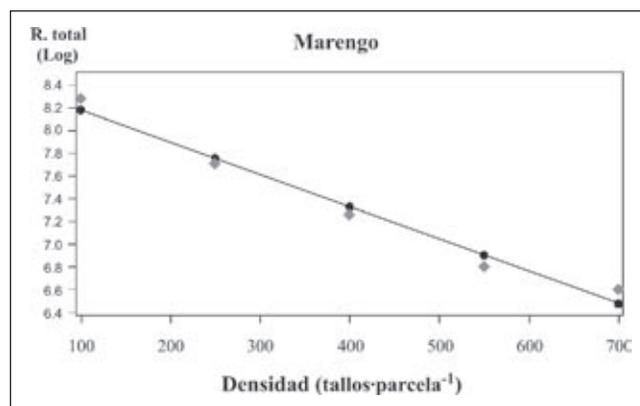


Figura 15. Curva de regresión del logaritmo del rendimiento de calidad segunda por planta (g) en función de la densidad de tallos en cv. Parda pastusa. $Y=8.41433-0.00283d$; $CV=1.59$ y $R^2=0.97$.

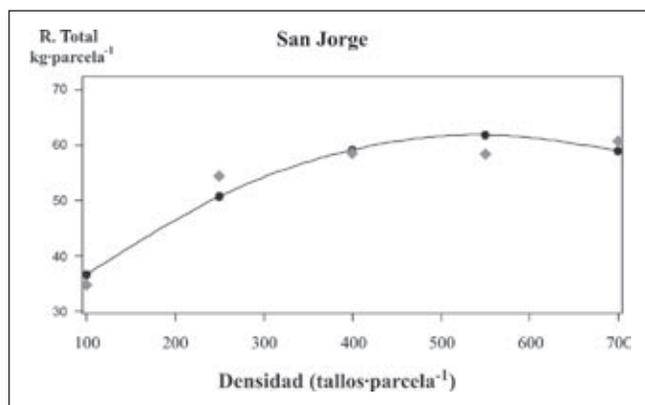


Figura 14. Curva de regresión del rendimiento por parcela de categoría tercera (kg) en función de la densidad de tallos en cv. Parda pastusa. $Y=23.178+0.137d-0.00012d^2$; $CV=7.73$ y $R^2=0.92$.

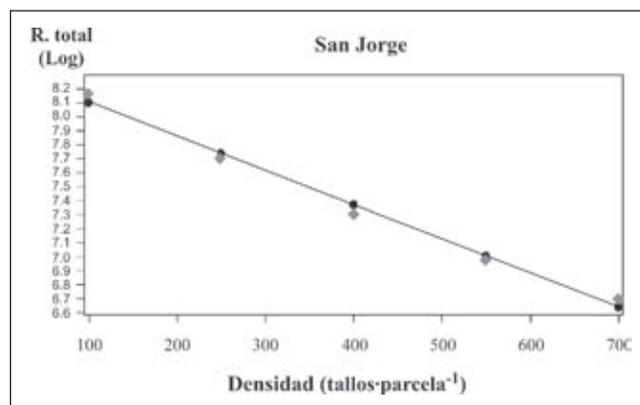


Figura 16. Curva de regresión del logaritmo del rendimiento de calidad segunda por planta (g) en función de la densidad de tallos en cv. Parda pastusa. $Y=8.29884-0.00242d$; $CV=0.91$ y $R^2=0.98$.

dad menor fue el rendimiento por planta; así, el rendimiento total por planta bajó en 0,00283 g y 0,00242 g por cada planta adicional por parcela (20 m²) en las localidades de Marengo y San Jorge, respectivamente (Figuras 15 y 16).

Discusión

En el cultivo de papa la materia seca producida por las hojas se utiliza para el crecimiento de tallos, hojas, raíces y tubérculos. Antes de que inicie la formación de tubérculos, la materia seca disponible se usa para el crecimiento del follaje y las raíces; después de iniciada la tuberización, los tubérculos compiten por la materia seca disponible. La acumulación de materia seca en los tubérculos se ve influida por los cambios ambientales, a

medida que se incrementa la competencia a altas densidades (Dwell, 1990).

Burke (2003), afirma que el rendimiento de tubérculos en cultivos de papa está determinado por la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada por el follaje, por la eficiencia con la cual la radiación interceptada es convertida en materia seca y por la proporción de acumulación de materia seca translocada a los tubérculos.

El comportamiento observado en las dos localidades de evaluación permitió reconocer la plasticidad fenotípica para el rendimiento de tubérculo en condiciones de competencia por recursos, lo que fue evidente especialmente en Marengo, puesto que en esta localidad

las condiciones de humedad en el suelo durante el ciclo de cultivo fueron óptimas. La proximidad de plantas vecinas afecta de manera importante la actividad fotosintética y, por lo tanto, la acumulación y partición de asimilados hacia los tubérculos durante la formación y el llenado (Ballaré *et al.*, 1995).

La plasticidad fenotípica se explica porque la acumulación y producción de biomasa en las plantas se fundamentan en la fotosíntesis, que a su vez, está influida por factores tales como la luminosidad, la eficiencia del uso de la radiación, la temperatura, la disponibilidad de agua y la disponibilidad de nutrientes (Reyes y Martínez, 2001). Las plantas perciben la calidad (amplitud y composición espectral) e intensidad (número de fotones por unidad de tiempo y área) de la luz que está a su disposición. Dependiendo de la calidad e intensidad de la luz, se reduce o acelera la velocidad de crecimiento de las plantas e incluso su forma para captar la mayor cantidad posible de fotones. Por ejemplo, las plantas son capaces de detectar si existen otros individuos a su alrededor compitiendo por la fuente de luz y responden a ello acelerando su crecimiento para emerger de entre sus vecinas. Además, las plantas tienen la capacidad de percibir la dirección de la cual proviene la luz, lo que les permite dirigir su crecimiento hacia la fuente luminosa para recibir una mayor cantidad de luz (Amthor, 1989 y Burke, 2003).

En condiciones de competencia entre plantas se afecta la captación de radiación foto-sintéticamente activa (Koller, 1990) y, en el caso de la papa, la luz interceptada por el follaje de las plantas se incrementa como consecuencia de valores de índice de área foliar cercanos a uno (Hay y Walker, 1989). La competencia por recursos minerales y agua también puede reducir las tasas fotosintéticas y consecuentemente reducir el rendimiento de tubérculos por planta (Holliday, 1960 y Allen, 1978); ello fue evidente en los modelos obtenidos para las categorías de rendimiento evaluadas (densidad vs. *log* rendimiento), en donde, sin excepción a mayor densidad menor producción de tubérculo por planta. En la subespecie *tuberosum*, y en particular en las variedades *Maris paper* y *Desiré*, se reporta que al incrementar la densidad de tallos se observó disminución de la materia seca en tubérculos por planta, pero aumentó la materia seca por unidad de área.

Al ser las plantas incapaces de moverse de un lugar a otro en busca de las condiciones adecuadas para su crecimiento, cuando se ven expuestas a condiciones de es-

trés por recursos del suelo y de la atmósfera, ellas aprovechan los recursos disponibles (Taiz y Zeiger, 1991).

Las condiciones del estudio permitieron confirmar el postulado de Duncan que afirma que cuando un cultivo crece con altas densidades de población, el rendimiento promedio decrece como resultado de la competencia entre plantas vecinas por los recursos del suelo (agua y nutrientes minerales) y de la atmósfera (radiación fotosintéticamente activa, dióxido de carbono y oxígeno). Duncan (1958), postuló que el rendimiento promedio de las plantas sujetas a densidades en incremento puede comportarse como el rendimiento de plantas que crecen a poblaciones constantes y niveles decrecientes de nutrientes.

La aplicación del postulado de Duncan permitió desarrollar modelos con excelentes ajustes que estiman los rendimientos de la variedad Parda pastusa en sus diferentes categorías y para las diferentes densidades comprendidas en el rango de evaluación. Adicionalmente, teniendo en cuenta que los modelos encontrados son lineales, se propone que para estudiar las densidades en nuevos cultivares de papa, se evalúen dos densidades extremas, por ejemplo 50.000 y 350.000 plantas·ha⁻¹; con los resultados encontrados se deben obtener los modelos de regresión [densidades (X) vs. *log* del rendimiento (Y)] y con ellos, analizar las respuestas de las variables para densidades intermedias facilitando la toma de decisiones en las recomendaciones de manejo agronómico.

Agradecimientos

Los autores expresan los agradecimientos a la Línea de investigación de papa de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia (UN), a las direcciones de los centros ICA San Jorge y del Centro Agropecuario Marengo de la UN y al profesor Juan Ospina Aguirre por su asesoría en el análisis estadístico del trabajo.

Bibliografía

- Allen, E.J. 1978.** The potato. The scientific basis for improvement. Harris and Hall, Londres. pp. 71-189.
- Amthor, J.S. 1989.** Respiration and crop productivity. Springer Verlag, Nueva York. 215 p.
- Ballaré, C.; A. Scopel y R. Sánchez. 1995.** Plant photomorphogenesis in canopies, crop growth and yield. Hort-Science 30(6), 1172-1181.

- Bradshaw, A.D. 1965.** Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *ADV. Genet* 13, 115-155.
- Burke, J. 2003.** Growing the potato crop. Teagasc, Irish Agriculture and Food Development Authority.
- Darwin, C. 1975.** The Origin of Species. Norton Company, Nueva York.
- Duncan, W.D. 1958.** The relationship between corn population and yield. *Agronomy Journal* 50(2), 82-84.
- Dwell, R.B. 1990.** Source/sink relationship during tuber growth. *American Potato Journal* 67, 828-833.
- Estrada, R.N. 2000.** La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. PROINPA/CID/CIP. La Paz, Bolivia.
- Hay, R. y A. Walker. 1989.** An introduction to the physiology of crop yield. Chapingo, México.
- Holliday, R. 1960.** Plant population and crop yield. Part II. *Fields Crop Abstract* 13, 159-167.
- Koller, D. 1990.** Light driven leaf movements. *Plant Cell Environment* 13, 615-632.
- Reyes, M.J. y M.D. Martínez. 2001.** La plasticidad de las plantas. *Elementos* 8(41).
- Taiz, L. y E. Zeiger. 1991.** Plant physiology. Benjamín & Cummings Publishing Company, Nueva York.
- Weirsema, S.G. 1987.** Efecto de la densidad de tallos en la producción de papa. *Boletín de Información Técnica* N° 1. Lima.