

## EFECTO DE POBLACION Y FERTILIZACION NITROGENADA SOBRE LA PRODUCCION Y CRECIMIENTO DEL YAMPI (*Dioscorea trifida*)<sup>1</sup>

Jorge Jiménez \*  
Werner Rodríguez \*\*

### ABSTRACT

**Effect of population and nitrogen fertilization on yield and growth of yampi (*Dioscorea trifida*).** In order to determine the nitrogen vs. population interaction, four levels of nitrogen fertilization (0, 75, 150 and 225 kg/ha<sup>-1</sup>) were combined with four plant populations of Yampi (15.000, 25.000, 35.000 and 45.000 plants ha<sup>-1</sup>) in a factorial design at Sixaola, Limón province, Costa Rica. The dry weight of leaves, stems plus petioles and tubers were evaluated every forty days by destructive sampling. At harvest, tuber yield was determined according to four quality categories. Nitrogen increased the growth of all the plant tissues and the Leaf Area Index. However, nitrogen did not affect the Relative Growth Index neither did the Net Assimilation Rate. The C and D tubers showed a lineal response to nitrógeno but, the A tubers showed a quadratic response. Higher population showed lower growth and yield on an area basis. Due to nitrogen and plant population interaction, the best yield could be obtained with the combination of high plant densities and nitrogen rates. It was not possible to determine the optimal combination of these factors. Nevertheless, the maximal values of both evaluated factors are the best option if the capital is not a limiting resource.

### INTRODUCCION

El yampí (*Dioscorea trifida*) es una dioscoreacea comestible de origen americano (León, 1976), apetecida por sus características organolépticas sobresalientes. El trópico húmedo costarricense ofrece condiciones agroclimáticas adecuadas para su explotación intensiva. Sin embargo, el conocimiento disponible sobre el efecto de la población de plantas y su interacción con la fertilización nitrogenada es exiguo.

Baker (1964) destacó la relación lineal positiva existente entre la población de plantas y el rendimiento de los flanes (*Dioscorea* spp.).

Aunque no existen antecedentes en la literatura sobre la respuesta de *D. trifida* al espaciamiento, el acervo de información ganado con otras especies comestibles como *D. esculenta* (Enyi, 1972a), *D. rotundata* (Caro et al., 1968; Gurnah, 1974), *D. composita* (Cruzado, et al., 1964) y *D. alata* (Rodríguez y Jiménez, 1986; Jiménez, et al., 1986) concuerda con Baker (1964): la disminución del espaciamiento entre plantas aumenta el rendimiento por unidad de área a expensas del rendimiento por planta.

Como lo indica Ferguson (1973), tanto el aumento de la densidad de siembra como la fertilización nitrogenada del flane, conllevan al desarrollo de un área foliar mayor y por ende, provocan aumentos en el rendimiento. El N, además, extiende la duración del área foliar (Sobulo, 1972). Sin embargo, en virtud del balance "source-sink" (fuente-sumidero) propio de los cultivos con partición fásica de asimilados (Loomis y Rapoport, 1976), la fertilización con N de los

---

1/ Recibido para publicación el 6 de noviembre de 1991.  
\* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.  
\*\* Universidad de Costa Rica, Sede Regional del Atlántico. Turrialba, Costa Rica.

fiames puede estimular el desarrollo foliar en detrimento de la producción de tubérculos (Ferguson, 1973; Ezelio, 1977; Koli, 1973). Por lo tanto, es imperativo optimizar la dosis y época de fertilización nitrogenada para cada variedad y tipo de suelo.

Calvo (1986) estimó que la cantidad de semilla utilizada por unidad de área corresponde al 40% de los costos de producción del fiame en Talamanca, Costa Rica. Este hecho, unido a la importancia del manejo de la fertilización nitrogenada en las regiones húmedas y la estrecha relación entre área foliar, N disponible y población de plantas, motivaron la ejecución del presente experimento. El objetivo central fue determinar y describir la posible interacción N población para mejorar la tecnología de producción de *D. trifida* en Talamanca, Costa Rica.

## MATERIALES Y METODOS

El experimento se estableció en la finca del Sr. Elpidio Quirós, ubicada en Margarita de Sixaola, Talamanca, Costa Rica, a 30 msnm. La temperatura fue de 25°C y la precipitación alcanzó los 2500 mm (promedios anuales). El análisis químico del suelo (metodología de Díaz-Romeu y Hunter, 1978) indicó los siguientes resultados: pH (agua) 6,9; materia orgánica 1,4%; N 0,09%; P 11,8 ppm, potasio, calcio, magnesio y acidez extraíble igual a 0,63, 16,78, 3,78 y 0,1 cmol(+)/L respectivamente. Conforme a Bertsch (1987), los contenidos de magnesio y calcio son medios, el de potasio alto y la relación Ca/K con valor alejado del "adecuado" por exceso del primer elemento. La textura es franco-limosa.

El terreno, arado y rastreado a 30 cm, fue sembrado con tubérculos enteros de 81 g de peso promedio ( $n=100$ ;  $s=21$ ;  $cv=26\%$ ) sobre lomos de 0,4 m de alto, 0,5 m de ancho y distanciados a 1,2 m. Previo a la siembra, fueron inmersos los tubérculos "semillas" durante 5 min en una mezcla de 2,3 g de oxamyl (Vydate) y 2,2 g de tiabendazol (Mertec) por litro de agua. Treinta días después de la siembra, los tubérculos no germinados fueron sustituidos por tubérculos brotados de la misma edad y peso. Tres semanas después de la siembra, cuando el cultivo alcanzó el 4% de germinación, las malezas fueron combatidas con la aplicación al suelo de 4 y 1,9 kg/ha de ametrina más alach-

lor. Previo a la aplicación de los herbicidas preemergentes, se estableció una barbacoa de 2 m de alto por cada par de lomos. Posteriormente, a las 12, 18, 27 y 35 semanas después de la siembra se efectuaron deshierbas manuales. Todas las parcelas recibieron una fertilización base, en semicírculo a 9 cm de la base de la planta, equivalente a 50 y 100 kg/ha de  $P_2O_5$  y  $K_2O$ , respectivamente. No hubo necesidad de combatir plagas ni enfermedades.

Los tratamientos consistieron en la combinación factorial de 4 dosis de N (0, 75, 150 y 225 kg ha<sup>-1</sup>) y 4 poblaciones de plantas (45, 35, 25 y 15 mil plantas/ha). El N (Urea con 45,5% de N) fue aplicado en cantidades iguales a los 40, 80 y 120 días después de la siembra. Los 16 tratamientos fueron asignados según el diseño experimental de látice balanceado 4 x 4 y repetidos 5 veces. Cada repetición constó de 4 bloques incompletos en los que cada par de tratamientos ocurrió una vez.

El ancho de las parcelas de 12 m de largo dependió de la población: 1,8, 2,3, 3,3 y 5,5 m para 45, 35, 25 y 15 mil plantas/ha, respectivamente. En todos los casos, la distancia entre lomos siempre fue de 1,2 m. Del total de 100 plantas por parcela, 32 fueron destinadas a la evaluación del rendimiento y 12, a muestreos del crecimiento cada 40 días contados a partir de la siembra. Las plantas muestreadas fueron secadas (72 h a 70°C) para determinar separadamente el peso de los tubérculos, las hojas y los tallos con los pecíolos. El Área Foliar Específica (AFE) se obtuvo a partir de 30 discos foliares de área conocida.

Los datos así producidos permitieron calcular el peso parcial de la biomasa acumulada en los diferentes tejidos y los índices de área foliar, asimilación neta y crecimiento relativo. A la cosecha, fueron clasificados, contados y pesados los tubérculos según las siguientes categorías: clase A (más de 17 cm de largo y por lo menos 5 cm de diámetro), clase B (entre 13 y 17 cm de largo y de 4 a 5 cm de diámetro), clase C (entre 7 y 13 cm de largo y de 2 a 4 cm de diámetro) y, finalmente, clase D (tubérculos con menos de 7 cm de largo y 2 cm de diámetro o mal formados). Las clases A y B correspondieron a los tubérculos aptos para la exportación, la clase C a los adecuados para el mercado nacional y, los D, a los inadecuados para la comercialización.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El crecimiento observado del yampí podría dividirse en 3 fases. La primera, correspondiente a los 80 días iniciales y caracterizada por un crecimiento lento del follaje y la ausencia de tubérculos. La segunda, de los 80 a los 160 días, cuando el crecimiento del follaje se aceleró y comenzaron a formarse los tubérculos, y la tercera, de los 160 a los 200 días, cuando decayó el crecimiento del follaje pero aumentó rápidamente el peso de los tubérculos. Este patrón de crecimiento coincide parcialmente con el descrito por Spencer (1984). Sin embargo, en su caso, la primera y segunda fases abarcaron los primeros 120 días de vida del cultivo y la tuberización comenzó más tarde, a los 210 días. Estas diferencias pueden ser consecuencia de las distintas variedades, épocas de siembra utilizadas o estado fisiológico del prógulo.

Como lo muestra el Cuadro 1, el N favoreció el crecimiento de todos los tejidos. Este efecto resultó más evidente a partir de los 120 días, cuando la diferencia en la cantidad de N disponible con respecto al testigo comenzó a ser más drástica. Las plantas no fertilizadas comenzaron a tuberizar antes, posiblemente, como consecuencia

de una menor duración del follaje. Como lo indicó Sobulo (1972), el N aumenta la cantidad y duración del área foliar del fiame.

En términos del índice de crecimiento relativo y el índice de asimilación neta (Cuadro 2), no hubo efecto del N. Por el contrario, el índice del área foliar mostró proporcionalidad directa con las dosis de N. Entre los 160 y los 200 días, el crecimiento mostró un estancamiento, atribuible a la translocación de asimilados de las hojas a los tubérculos (Spencer, 1984). La revisión de los incrementos en peso del follaje y los tubérculos en este período (Cuadro 1), sugieren esa translocación, porque en tanto el incremento en peso de los tallos y las hojas disminuyó o fue modesto de los 160 a los 200 días, el de los tubérculos aumentó considerablemente. El índice de asimilación neta (IAN) no mostró mayores diferencias debidas al efecto del N, excepto bajo la dosis de 75 kg N/ha, en cuyo caso el IAN bajó a los 160 días pero subió a los 200 días. No existe una explicación satisfactoria para este comportamiento. En general, el IAN fue mayor entre los 80 y 120 días y al final del ciclo, es decir, sus aumentos coincidieron, por una parte, con las fases de rápido crecimiento de hojas y tallos y, por otra, con el llenado de los tubérculos.

Cuadro 1. Valores de peso seco de las hojas, tallos más pecíolos y tubérculos del yampí durante su ciclo de crecimiento bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada.

Tejidos	Nivel de N (kg/ha)	Edad del cultivo (días después de la siembra) (Peso seco en g/pl)					
		40	80	120	160	200	240
Hojas	0	0,75	9,52	28,20	50,72	45,21	48,60
	75	0,80	10,12	37,50	49,36	72,97	54,93
	150	0,71	10,79	34,14	67,43	55,23	45,28
	225	1,11	11,82	38,38	68,08	65,69	51,23
Tallos + Pecíolos	0	1,28	10,20	39,63	53,94	59,87	57,90
	75	1,70	11,20	52,66	60,68	99,83	66,73
	150	1,78	12,95	45,40	85,93	81,48	57,41
	225	1,82	11,58	46,98	92,99	98,30	59,99
Tubérculos	0	0,00	1,23	12,56	42,46	97,87	586,00
	75	0,00	0,00	15,90	31,78	177,60	759,00
	150	0,00	0,00	14,50	32,27	102,60	601,00
	225	0,00	0,00	13,80	32,74	152,27	785,00

Cuadro 2. Índices de Crecimiento Relativo (ICR), Area Foliar (IAF) y Asimilación Neta (IAN) del yampí durante su ciclo de crecimiento bajo diferentes niveles de fertilización nitrogenada.

Índices	Nivel de N (kg/ha)	Edad del cultivo (días después de la siembra)					
		40	80	120	160	200	240
ICR (g/g/40 días)	0	0,00	2,32	1,40	0,64	0,03	1,24
	75	0,00	2,24	1,64	0,03	0,00	0,88
	150	0,00	2,28	1,36	0,72	0,02	1,12
	225	0,00	2,08	1,48	0,56	0,60	1,04
IAF	0	0,08	1,01	2,98	5,36	4,79	5,13
	75	0,08	1,07	3,96	5,21	7,70	5,80
	150	0,07	1,14	3,61	7,12	5,83	4,78
	225	0,12	1,21	4,05	7,19	6,94	5,41
IAN (g/dm <sup>2</sup> /40 días)	0	0,00	1,44	0,96	0,52	0,28	2,98
	75	0,00	1,44	1,17	0,23	0,96	2,36
	150	0,00	1,53	0,90	0,54	0,23	2,72
	225	0,00	1,55	0,97	0,40	0,50	2,88

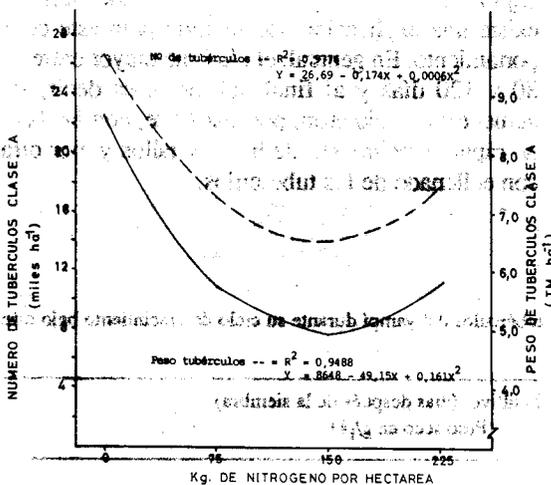


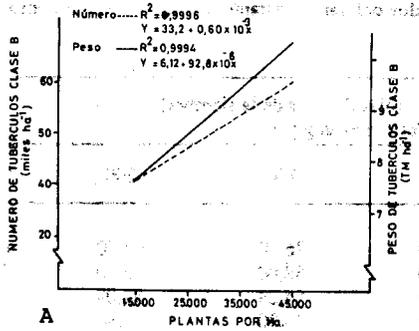
Fig. 1. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el número y peso de tubérculos de yampí de la categoría A.

En cuanto al rendimiento, hubo respuesta lineal significativa del peso de los tubérculos de las clases C ( $Y=5,8+0,000194x$ ;  $R^2=0,98$ ) y D ( $Y=5,012+0,0069x$ ;  $R^2=0,96$ ) a la fertilización nitrogenada. La respuesta de los tubérculos de la clase A al N (Figura 1) fue cuadrática ( $P<5\%$ ). Aparentemente, el tratamiento testigo sin N, que provocó una tuberización más precoz (Cuadro 1), logró un período de tuberización más largo y concentrado en un menor número de tubérculos. Conforme se aumentó la disponibilidad de N, las

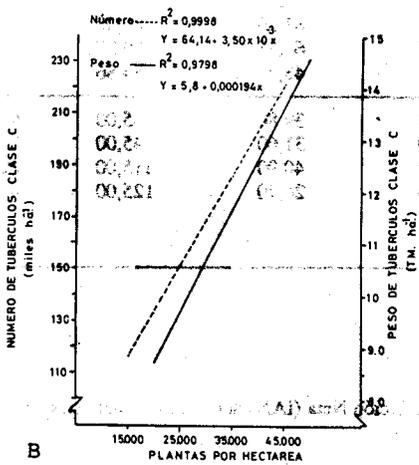
plantas retrasaron el inicio de la tuberización y diferenciaron un mayor número de tubérculos. A diferencia de Ezelio (1977), los resultados no evidenciaron que el mayor crecimiento del follaje provocado por el N redujera el rendimiento. Por lo tanto, sería conveniente investigar la respuesta del cultivo a dosis superiores de N para determinar su nivel óptimo.

Las plantas sometidas a altas densidades de siembra, alcanzaron un menor crecimiento y producción, aunque se dio un mayor rendimiento por unidad de área (Figura 2abc). Resultados similares han sido reportados por Enyi (1972b), quien determinó que el incremento de la población aumenta el Índice de Area Foliar (IAF), la duración del área foliar y el engrosamiento y rendimiento de los tubérculos. Como lo muestra el Cuadro 3, a partir de los 160 días, las plantas evidenciaron el efecto de la mayor competencia intraespecífica asociada con las densidades de siembra más altas. Por esta misma razón, el Índice de Crecimiento Relativo (ICR) permaneció inmutable al efecto de la población hasta los 120 días (Cuadro 4). El aumento de la población determinó los IAF más altos pero, la eficiencia de esa área foliar disminuyó probablemente como consecuencia de su autosombreamiento. Así lo sugieren los valores del IAN a los 160 y 240 días (Cuadro 3).

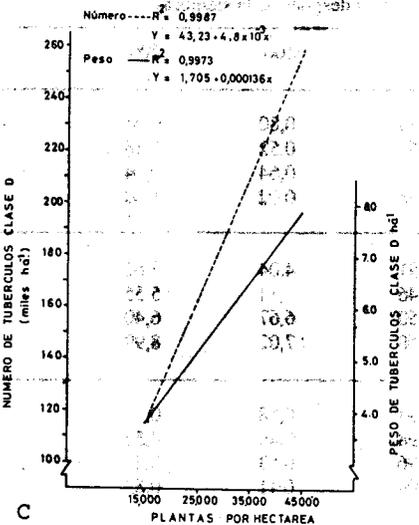
El incremento del número de plantas por área aumentó linealmente la producción del yampí ( $P<1\%$ ) y aumentó considerablemente la producción de biomasa de hojas, tallos y tubérculos por



A



B



C

unidad de área. Estos resultados coinciden con los informados por Caro *et al.* (1968), Enyi (1972a), Gooding y Hoad (1967) y Gurnah (1974). El efecto del espaciamento sobre el rendimiento comercial, compuesto por la suma de las categorías A, B y C de tubérculos, fue notorio (Figura 4). El modelo de regresión del peso de tubérculos comerciales vs. población de plantas por hectárea ( $y = 17523,78 + 0,311 x$ ) alcanzó a explicar el 99% de la variabilidad observada. La importancia de determinar la población óptima radica en la obtención de un número satisfactorio de tubérculos con un grado de engrosamiento adecuado, según las exigencias de los consumidores. Puesto que concomitantemente con el aumento del número de plantas por unidad de área, se incrementó la tasa de "semilla", deberían diseñarse experimentos para deslindar estos efectos. Como lo demostró Baker (1964), el rendimiento del ñame es función de la tasa de semilla (kg de semilla/ha) más que del número de plantas por unidad de área.

La dosis de N y el número de plantas por unidad de área no afectaron independientemente la producción de tubérculos comerciales ( $P < 5\%$ ) ni totales ( $P < 1\%$ ). Como lo muestran las Figuras 3 y 4, si se desea mejorar el rendimiento, deben combinarse los aumentos poblacionales con incrementos en la dosis de fertilización nitrogenada. Debido a la ausencia de un punto 6 para la superficie de inflexión, sería necesario explorar la respuesta del cultivo a niveles más altos, tanto de fertilización nitrogenada como de población de plantas, para determinar la combinación óptima de estos 2 factores de manejo agronómico.

El análisis económico otorgó valor comercial a las categorías de tubérculos A, B y C. A las 2 primeras categorías se les asignó precio de tubérculos exportables y, a la clase C, precio de mercado nacional. El Cuadro 5 muestra el análisis marginal de los tratamientos no dominados, es decir, aquellos con mayor beneficio neto y menor costo variable (Perrin *et al.*, 1976). Todos alcanzaron un beneficio neto rentable por el gasto adicional en insumos. La alternativa con 35,000 plantas/ha y sin fertilización nitrogenada, mostró la menor tasa de retorno marginal: 24%. Si el capital no es el recurso limitante sino la tierra, la alternativa de aplicar 225 kg de N/ha a una población de 45,000 plantas/ha sería la mejor. Por el contrario, si los agricultores dentro del dominio de recomendación del estudio no tienen acceso al

Fig. 2. Efecto de la población de plantas por hectárea sobre el número y peso de tubérculos de yampí. a. Tubérculos de la categoría B. b. Tubérculos de la categoría C. c. Tubérculos de la categoría D.

Cuadro 3. Valores de peso seco de las hojas, tallos más pecíolos y tubérculos del yampí durante su ciclo de crecimiento según diferentes poblaciones de plantas.

Tejidos	Población (plantas/ha)	Edad del cultivo (días después de la siembra) (Peso seco en g/pl)					
		40	80	120	160	200	240
Hojas	15.000	1,00	11,20	36,10	76,50	68,50	61,38
	25.000	0,64	10,96	39,30	58,00	63,20	53,82
	35.000	0,75	10,02	28,40	54,23	52,09	43,40
	45.000	1,00	9,96	34,80	44,30	56,86	41,45
Tallos + Pecíolos	15.000	1,85	11,98	43,88	95,54	102,50	62,85
	25.000	1,68	11,68	52,64	83,70	85,30	57,86
	35.000	1,44	11,95	39,95	63,45	69,30	61,79
	45.000	1,62	10,07	48,93	48,77	84,86	59,54
Tubérculos	15.000	0,00	0,00	12,50	39,80	145,00	932,00
	25.000	0,00	1,05	17,00	31,60	145,00	723,00
	35.000	0,00	0,00	13,40	40,90	115,00	624,00
	45.000	0,00	1,40	14,30	26,70	125,00	431,00

Cuadro 4. Índices de Crecimiento Relativo (ICR), Área Foliar (IAF) y Asimilación Neta (IAN) del yampí durante su ciclo de crecimiento según diferentes poblaciones de plantas.

Índices	Población (plantas/ha)	Edad del cultivo (días después de la siembra)					
		40	80	120	160	200	240
ICR (g/g/40 días)	15.000	0,00	2,12	1,44	0,80	0,04	1,24
	25.000	0,00	2,28	1,52	0,52	0,56	1,04
	35.000	0,00	2,36	1,32	0,64	0,04	1,16
	45.000	0,00	2,12	1,56	0,02	1,00	0,72
IAF	15.000	0,05	0,59	1,91	4,04	3,61	3,24
	25.000	0,05	0,96	3,46	5,11	5,55	4,73
	35.000	0,09	1,23	3,50	6,67	6,40	5,34
	45.000	0,16	1,57	5,50	7,02	8,99	6,56
IAN (g/dm <sup>2</sup> /40 días)	15.000	0,00	1,30	0,94	0,58	0,40	3,04
	25.000	0,00	1,51	0,98	0,40	0,56	2,46
	35.000	0,00	1,54	0,96	0,53	0,47	2,85
	45.000	0,00	1,27	1,09	0,11	0,82	1,56

crédito ni poseen capital propio, cualquiera de las otras opciones sería adecuada.

**RESUMEN**

Con el objetivo de determinar la interacción nitrógeno - población se combinaron, factorialmente, 4 niveles de fertilización nitrogenada (0, 75, 150 y 225 kg N/ha.) con 4 poblaciones de plantas (15.000, 25.000, 35.000 y 45.000 plantas/ha.) de yampi (*Dioscorea trifida*). El experimento se plantó en la Margarita de Sixaola, Cantón de Talamanca, provincia de Limón; fueron evaluados el peso seco de hojas, tallos más peciolos y tubérculos mediante muestreo destructivo cada 40 días y, a la cosecha, se determinó el peso de los tubérculos según 4 categorías de calidad. El nitrógeno favoreció el crecimiento de todos los tejidos y el aumento del Índice de Area Foliar. Sin embargo, no afectó al Índice de Crecimiento Relativo ni al de Asimilación Neta. Los tubérculos de las clases C y D mostraron una respuesta lineal al nitrógeno, en tanto, los tubérculos de la clase A respondieron en forma cuadrática. Las plantas sometidas a altas densidades de siembra alcanzaron un menor crecimiento y producción por planta pero, un mayor rendimiento por unidad de área. Puesto que los factores interactúan, si se desea mejorar el rendimiento del yampi, deben combinarse los aumentos poblacionales con incrementos en la dosis de fertilización nitrogenada. No fue posible determinar la combinación óptima de

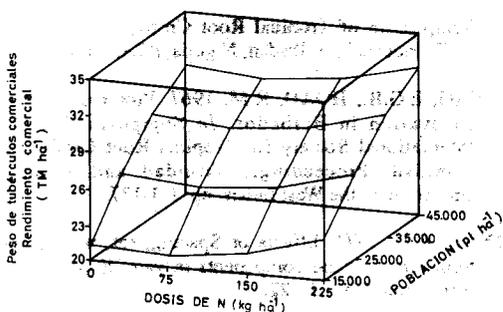


Fig. 3. Efecto de la fertilización nitrogenada y la población de plantas sobre el peso de tubérculos comerciales de yampi (suma de las categorías A, B y C) producidos por hectárea.

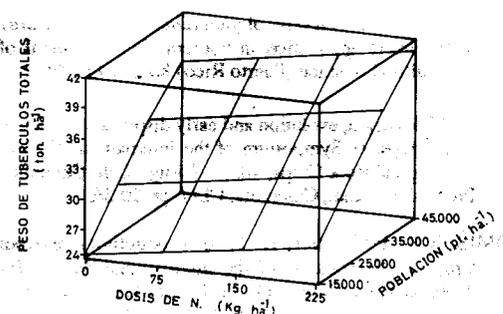


Fig. 4. Efecto de la fertilización nitrogenada y la población de plantas sobre el peso total de tubérculos de yampi producidos por hectárea.

Cuadro 5. Análisis marginal de los tratamientos no dominados.

Beneficio Neto (*) (1)	Tratamientos		Costo Variable (2)	Cambio con respecto al beneficio próximo superior		
	kg N/ha	pl/ha		Incremento marginal en beneficio neto (3)	Incremento marginal en costo variable (4)	Tasa de retorno marginal (5)
(a)	360.764	225	44.985	54.391	22.495	242
(b)	306.373	0	22.490	2.699	11.245	24
(c)	303.674	0	11.245	63.599	3.595	1.769
(d)	240.075	225	15.000	7.650	1.950	1.163
(e)	217.383	150	5.700	27.216	1.950	1.395
(f)	190.167	75	3.750	43.224	3.750	1.153
(g)	146.943	0	-	-	-	-

(\*) Moneda nacional (en 1987 valor respecto al colón)

Ejemplo de cálculo: La cantidad en (4a) es el resultado de (2a) - (2b); (3a) es la diferencia de (1a) - (1b) y (5a) es igual a (3a)/(4a).

estos factores. No obstante los valores máximos de ambos factores evaluados constituyen la mejor opción si el capital no es un recurso limitante.

### LITERATURA CITADA

- BAKER, E.F.I. 1964. Plant Population and Crop Yield. *Nature* 204:856-857.
- BERSTCH, F. 1987. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 82 p.
- CALVO, G. 1986. Segunda Caracterización del Sistema de Cultivo del Ñame en el área de Talamanca, Costa Rica; Retroalimentación e Impacto del Proyecto tras 3 años de trabajo. *In* Proyecto Sistemas de Producción basados en Raíces Tropicales y Plátano. Informe de Progreso Agosto 1985-Agosto 1986. Elizondo, J. M. ed. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. pp. 26-48.
- CARO, C.; BONETA, E.; SILVA, S. 1968. Effect of various cultural practices on yield of yam in Puerto Rico. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 52(4):356-349.
- CRUZADO, M. J.; DELPIN, M.; ROARK, B. 1964. Effects of various vine supports and spacing distances on steroid production of *Dioscorea composita*. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 41(4):345-349.
- DIAZ-ROMEU, R.; HUNTER, A. 1978. Métodos de muestreo de suelos y de tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Proyecto Centroamericano de Fertilidad de Suelos. 62 p.
- ENYI, B.A.C. 1972a. Effect of staking, nitrogen and potassium on growth and development in lesser yam (*Dioscorea esculenta*). *Annual Application Biology* 72:211-219.
- ENYI, B.A.C. 1972b. The Effects of Seed Size and Spacing on Growth and Yield Lesser Yam (*Dioscorea esculenta*). *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 78:215-225.
- EZELIO, W.N. 1977. The effect of fertilizers and other inputs on yield and nutritive value of cassava and other tropical root crops. *In* Colloquium of the International Potash Institute, 13th. United Kingdom. Proceedings. Hawaii University. pp. 193-207.
- FERGUSON, T.U. 1973. Tuber development in yams; physiological and agronomic implications. *In* International Symposium of Tropical Root Crops, 3th., Nigeria, 1973. Proceedings. Ibadan, Nigeria, IITA. pp. 72-77.
- GOODING, E.G.B.; HOAD, R.M. 1967. Problems of yam cultivation in Barbados. *In* Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 1t., Trinidad. Proceedings. Trinidad and Tobago, University of the West Indies. pp. 111-137.
- GURNAH, A.M. 1974. Effects of Spacing, set, weight and fertilizers on yield components in yam. *Experimental Agriculture* 10(1):17-22.
- JIMENEZ, J.M.; ROJAS, E.; RODRIGUEZ, W.G. 1986. Respuesta de 3 cultivares de ñame alado (*Dioscorea alata*) al espaciamiento. *In* Informe Final del Proyecto Sistemas de Producción basados en Raíces Tropicales y Plátano. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica, 1986. 110 p.
- KOLI, S.E. 1973. The response of yam (*Dioscorea rotundata*) to fertilizers application in northern Ghana. *Journal of Agricultural Science (Puerto Rico)* 80(2):245-249.
- LEON, J. 1976. Origin, evolution and early dispersal of root and tuber crops. *In* Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 4th., 1-7 Aug., Cali, Colombia. Proceedings. Cali, Colombia, CIAT. pp.20-36.
- LOOMIS, R.S.; RAPPORT, H. 1976. Productivity of Root Crops. *In* Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 4th., 1-7 Aug. Cali, Colombia. Proceedings. Cali, Colombia, CIAT. pp. 70-84.
- PERRIN, R.; WINKELMANN, D.; MOSCARDI, E.; ANDERSON, J. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. México, D.F., Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y Trigo. 54 p.
- RODRIGUEZ, W.G.; JIMENEZ, J.M. 1986. Componentes tecnológicos propuestos para aumentar la productividad del ñame alado (*Dioscorea alata*) en Talamanca, Costa Rica. *In* Informe Final del Proyecto Sistemas de Producción basados en Raíces Tropicales y Plátano. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica, 1986. 110 p.
- SOBULO, R.A. 1972a. Studies on white yam (*Dioscorea rotundata*). II. Changes in nutrient content with age. *Experimental Agriculture* 8(2):107-115.
- SPENCER, K.D. 1984. Aspectos fenológicos del ñame (*Dioscorea trifida*) y sus enemigos potenciales en la región atlántica de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Heredia, Costa Rica. Universidad Nacional. Facultad Ciencias de la Tierra y el Mar. 62 p.