

Evaluación del comportamiento del cultivo de ananá (*Ananas comosus* L. Merr.) bajo diferentes sistemas de cultivo y niveles de fertilización por medio del análisis multivariante.

Gaiad, José E.¹; Leiva, Antonio²; Chabbal, Marco D.¹; Alayón Luaces, Paula^{*}

¹Docentes de Fruticultura, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional del Nordeste. Sargento Cabral 2131 (3400) Corrientes Argentina. E-mail: palayonluaces@yahoo.com; ²Ingeniero Agrónomo.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dos sistemas de cultivo y dos niveles de fertilización, sobre los contenidos de macro y micro elementos en hojas de ananá por medio del análisis multivariante. Se estudiaron plantas del cv. Cayena lisa en dos lotes experimentales, uno bajo condiciones de campo y otro en invernadero, con dos niveles de fertilización cada uno: F1: 150 + 75 + 300 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O y F2: 250 + 125 + 500 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O. El diseño experimental fue completamente aleatorizado, con cuatro repeticiones. Se muestrearon hojas durante el ciclo vegetativo y se analizó el contenido de Mn, Zn, Fe, Cu, N, P, K, Ca y Mg, altura, diámetro y cantidad de hojas promedio por parcela experimental. Se realizó un análisis descriptivo de los datos, un Análisis de Componentes Principales (PCA), un Análisis de la Varianza Multivariada (MANOVA) y una prueba de comparación de medias de Hotelling. Las variables de crecimiento y los macronutrientes analizados, obtuvieron mayores valores con el factor "Invernadero", mientras que los microelementos no siguieron un patrón. Como resultado del PCA se observó que el Cu y Mn son las variables más asociadas al factor Campo, mientras que en sentido opuesto se encontraron todas las demás variables relacionadas al factor Invernadero. El crecimiento vegetativo de plantas de ananá estuvo influenciado por el sistema de cultivo más que por el aporte de fertilizantes, siendo mayor en invernadero que a campo, en las condiciones subtropicales de Corrientes.

Palabras clave: PCA, cultivo tropical, Cayena lisa, invernáculo

Summary

The objective of this work was to evaluate the effects of two cultivation systems and two levels of fertilization on the contents of macro and microelements in pineapple leaves and variables associated with the growth of the plants, applying multivariate analysis techniques. Two experimental plots of the cultivar Cayena lisa were implanted in two cultivation systems, field and greenhouse, with two levels of fertilization each: F1: 150 + 75 + 300 kg ha⁻¹ of N, P₂O₅ and K₂O and F2: 250 + 125 + 500 kg ha⁻¹ of N, P₂O₅ and K₂O. The experimental design was completely randomized, with four repetitions. Samplings were carried out to determine the leaf content of Mn, Zn, Fe, Cu, N, P, K, Ca and Mg and measurements of the height, diameter and number of leaves of the plants. In order to describe the effects of cultivation systems and fertilizer levels, the Principal Component Analysis (PCA), the biplot graph and the multivariate analysis of variance and the Hotelling test were applied. The measured variables associated with the growth of plants and macronutrients showed higher values with the greenhouse factor while the microelements did not follow a pattern. As a result of PCA, the level of Cu and Mn was associated more with the field conditions, while on the opposite side the other variables related to the greenhouse effect factor were found. The vegetative growth of pineapple plants was more influenced by the cultivation system than by the level of fertilizers, being larger in the greenhouse compared to the field in subtropical conditions in Corrientes.

Key words: PCA, tropical crop, Cayena lisa, greenhouse

INTRODUCCIÓN

El ananá (*Ananas comosus* L. Merr.) es desde el punto de vista económico, la especie más importante de la familia de las Bromeliáceas, es nativa de Sudamérica y por su importancia se ubica en tercer lugar

entre los frutales tropicales luego del banano y del mango (Zhang et al., 2014).

Las plantas de ananá se desarrollan bien entre los 0 y los 600 msnm, con temperaturas medias de 18 a 45°C, tienen buena productividad en zonas tropicales y subtropicales en las que no ocurren heladas, entre los paralelos 33° Norte y Sur. Entre los principales

factores limitantes para este cultivo se cita la temperatura, con un óptimo de 21-27°C. La planta resiste heladas suaves y cortas de hasta -3°C, pero su crecimiento se retrasa en relación directa con las bajas temperaturas, deteniéndose (según cultivares) entre los 10 y 16°C (Robert & Odilo, 2011).

En el NEA y en Corrientes en particular, el uso de invernaderos existentes son herramientas que permitirían el desarrollo de este cultivo en esa región. Por una parte Corrientes es la provincia con mayor superficie bajo cobertura plástica del NEA, que según los datos del último censo agropecuario existen en la provincia 978 has con invernaderos, de las cuales el 65% están dedicadas al tomate y el 29% al pimiento (Lenschak y Mansutti, 2009) y por otra, la producción de frutales en la provincia se limita básicamente a los cítricos.

Numerosos factores tienen influencia en la productividad y calidad de fruta del ananá como el clima, la fertilización y las prácticas de riego. La nutrición mineral es esencial para incrementar la productividad y mejorar la calidad de los frutos. Sin embargo hay muy poca información disponible del efecto de la fertilización en esta especie en sistemas de cultivo en ambientes tropicales (Aular et al., 2014).

Las condiciones climáticas que suceden bajo cobertura se modifican por la presencia misma del plástico y estas modificaciones se traducen en un comportamiento diferencial del cultivo en sistemas de cultivo bajo cobertura con respecto al de campo (González Leguizamón et al., 2013).

A fin de desarrollar e implementar líneas de investigación para detectar los factores y condiciones que inciden en el crecimiento de las plantas de ananá en el NEA y definir pautas de manejo de plantaciones, se llevó adelante un ensayo que involucra sistemas de cultivo y fertilización. Para poder estudiar el efecto de ambos factores sobre un conjunto de variables asociadas al crecimiento de las plantas de ananá, se recurrió a técnicas estadísticas multivariantes.

El objetivo de este trabajo fue la evaluación del efecto de dos sistemas de cultivo y dos niveles de fertilización, sobre los contenidos de macro y micro elementos en hojas de ananá por medio del análisis multivariante.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), ubicado sobre la ruta Nacional 12 Km 1031, en la Provincia de Corrientes, Argentina.

El suelo del sitio de experimentación ha sido clasificado como Udipsament álfico, perteneciente a la serie Ensenada Grande (Escobar et al., 1994). El clima se caracteriza por presentar precipitaciones pro-

medio de 1300 mm anuales y una temperatura media anual de 21,6°C; con un período libre de heladas de 340 a 360 días. La escasa variación anual define al clima correntino como subtropical o mesotermal (De Fina y Ravelo, 1985). En verano se registran máximas absolutas de 42,5° a 46,5° C según zonas, y si bien las heladas son poco frecuentes, en invierno se pueden registrar mínimas absolutas de -1° a -5,5° C.

El material vegetal con lo que se llevó a cabo el ensayo fueron plantas de ananá (*Ananas comosus* L. Merr.) del cv. Cayena lisa. Se implantaron dos lotes experimentales, uno en condiciones de campo y otro con cobertura plástica (Invernadero), ambos con riego suplementario. Las parcelas experimentales constaron de lotes de 12 plantas ubicadas en camas de siembra de 2,10 m de largo con cuatro hileras de plantas espaciadas a 30 cm y se consideraron a las dos hileras centrales como parcela útil. El diseño experimental fue completamente aleatorizado, con cuatro repeticiones.

Se ensayaron dos niveles de fertilización manteniendo la relación 1N: 0,5 P₂O₅:2 K₂O:

Fertilización 1 (F1): 150 kg ha⁻¹ Nitrógeno + 75 kg ha⁻¹ Fósforo en forma de P₂O₅ + 300 kg ha⁻¹ Potasio en forma de K₂O.

Fertilización 2 (F2): 250 kg ha⁻¹ Nitrógeno + 125 kg ha⁻¹ Fósforo en forma de P₂O₅ + 500 kg ha⁻¹ Potasio en forma de K₂O.

Los tratamientos fueron cuatro en total basados en la combinación de sistemas de cultivo y niveles de fertilización: Invernáculo (I) F1 y F2 y Campo (C) F1 y F2.

Los aportes de fertilizantes se realizaron dividiendo las dosis en tres partes iguales y aplicadas en tres momentos: plantación (septiembre), verano (diciembre) fines de otoño (mayo) en cada año. Se muestrearon hojas al momento de plantación, y cada tres meses durante todo el ciclo vegetativo hasta el momento de inducción floral. Se analizó el estado nutricional durante este período por medio de análisis foliares. Se realizaron evaluaciones de macronutrientes: N; P; K, Ca y Mg de las hojas "D" (hoja adulta totalmente desplegada) de plantas mediante análisis foliares por métodos volumétricos y espectrofotométricos. Se realizó la determinación de N por el método de Kjeldhal, P por espectrometría de absorción molecular y Ca y Mg por complexometría, mientras que los micronutrientes K, Zn, Fe, Mn y Cu fueron determinados por espectroscopía de absorción atómica (Kalra, 1998).

Cada treinta días se tomaron datos del crecimiento de las plantas, cuantificando la altura, diámetro de las mismas y cantidad de hojas promedio por parcela experimental.

Se realizó un análisis descriptivo de los datos para observar el comportamiento medio de los mismos

y un Análisis de Componentes Principales (PCA). Por último se realizó un análisis de la Varianza Multivariada (MANOVA) con el objetivo de detectar diferencias entre los tratamientos y una prueba de comparación de medias de Hotelling. Todos los análisis fueron realizados con el programa Infostat (Di Rienzo et al., 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ciclo vegetativo del cultivo de ananá en las condiciones del ensayo y en ambos sistemas de cultivo fue de 18 meses. Al completar ese período se procedió a la inducción floral, técnica que consistió en la aplicación de etileno para lograr la diferenciación del meristema vegetativo a reproductivo (Cunha, 1989).

En la Tabla 1 se presentan los vectores de medias por tratamiento para el conjunto de variables estudiadas.

Se observa que para las variables de crecimiento (altura, diámetro y hojas promedio) y los macronutrientes analizados, los tratamientos que presentaron el factor "Invernadero" dieron mayores valores, comparados con campo e igual nivel de fertilización.

El Biplot resultante del Análisis de Componentes Principales se presenta en la figura 1. En el mismo se observa que el contenido de Cu y de Mn son los únicos dos elementos que se asociaron al factor Campo, mientras que en sentido opuesto se encuentran todos los demás, que se relacionaron con el factor Invernadero, junto con las variables de crecimiento medidas. Las condiciones ambientales que se presentan en el sistema de cultivo de invernadero, principalmente en épocas de menores temperaturas, favorecen la actividad fotosintética de las plantas de ananá (Gómez Herrera et al., 2016). En efecto, lo observado en esta experiencia indicaría que el cultivo bajo cobertura plástica indujo a un mejor aprovechamiento de los nutrientes en este sistema de cultivo, que se tradujo en mayor crecimiento y desarrollo y un mayor contenido foliar de los mismos. Por otra parte, las variables de crecimiento medidas en el cultivo de ananá se relacionaron con el nivel F2, al igual que el contenido de N, Ca y Mn, mientras que el contenido de Mg, P, Zn, K, Fe y Cu se asoció al nivel F1.

Con respecto a la respuesta en los contenidos de micronutrientes, se observó que el Cu y Mn se aso-

Tabla 1. Vectores de medias de las variables en respuesta a los tratamientos de dos niveles de fertilización (F1 y F2) y dos sistemas de cultivo (Campo e Invernadero).

Fertilización*Lugar	F1 Campo	F1 Invernadero	F2 Campo	F2 Invernadero
ppm Mn	263,48	194,79	279,85	220,03
ppm Zn	99,87	109,71	99,03	101,54
ppm Fe	262,49	255,40	234,96	242,38
ppm Cu	12,16	12,05	11,65	10,56
% N	1,17	1,25	1,16	1,30
% P	0,10	0,11	0,09	0,10
% K	1,10	1,16	1,04	1,08
% Ca	0,19	0,25	0,19	0,24
% Mg	0,07	0,09	0,07	0,08
Altura Promedio	42,30	50,81	42,99	49,91
Diámetro Promedio	66,76	70,17	66,91	71,29
Hojas Promedio	37,31	44,42	36,49	43,81

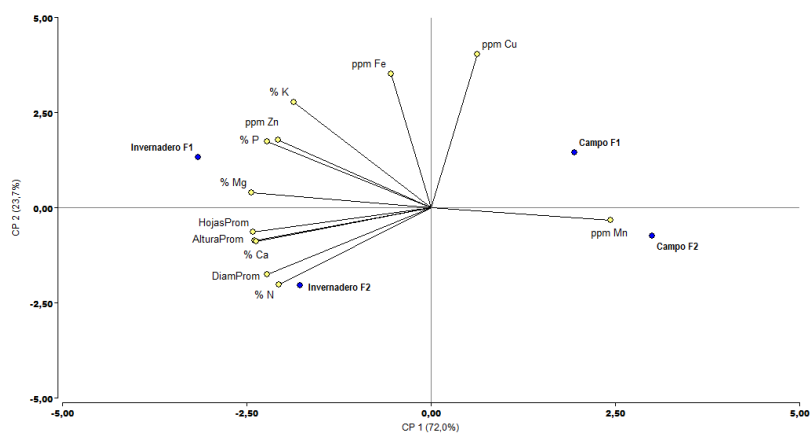


Figura 1. Biplot resultante del Análisis de Componentes Principales (PCA).

ciaron al sistema de cultivo a campo (figura 1). En efecto en este sistema de cultivo se presentan condiciones ambientales más exigentes (menor humedad relativa ambiente, mayor exposición a la radiación directa, menores temperaturas en otoño-invierno) para el desarrollo de las plantas respecto a aquellas que se presentan en el invernadero. Una de las respuestas comunes de las plantas a la exposición a diferentes condiciones de estrés, tanto abiótico como biótico, es la generación acelerada de especies reactivas de oxígeno (ROS) (Bhattacharjee, 2010). Kirkby y Römheld (2007) señalan que varios micronutrientes, entre ellos el Mn y el Cu están presentes en las isoenzimas superóxido dismutasa (SOD), las cuales actúan como sistemas de barrido para erradicar radicales de oxígeno tóxicos, protegiendo a las biomembranas, ADN, clorofila y proteínas.

En la tabla 2 se presenta el análisis simultáneo de ambos factores estudiados, fertilización y sistema de cultivo, sobre un conjunto de variables asociadas al crecimiento de las plantas de ananá. Se observó que para el factor Fertilización no existen diferencias significativas, mientras que para el factor Sistema de

Tabla 2. Análisis de la Varianza Multivariada para los factores Fertilización (F1 y F2) y Sistema de cultivo (Campo e Invernadero)

F.V.	F	gl (núm.)	gl (den)	p
Fertilización	0,65	12	33	0,7808
Sistema de Cultivo	11,43	12	33	<0,0001

Tabla 3. Prueba de comparación de medias de los Sistemas de Cultivo (Hotelling $\alpha=0,05$)

Sistema de Cultivo	Campo	Invernadero
ppm Mn	319,84	233,14
ppm Zn	176,32	184,98
ppm Fe	350,47	367,53
ppm Cu	14,16	12,74
% N	1,32	1,32
% P	0,11	0,09
% K	1,35	1,36
% Ca	0,18	0,17
% Mg	0,07	0,07
Altura Promedio	46,07	57,41
Diámetro Promedio	71,92	83,28
Hojas Promedio	39,25	50,92
	A	B

Cultivo se observaron diferencias para un $\alpha = 0,05$. Este resultado coincide con lo encontrado, en iguales condiciones de cultivo, por González Leguizamón et al. (2013) quienes evaluaron la incidencia de los sistemas de cultivo en la biomasa y partición de asimilados durante el ciclo vegetativo de plantas de ananá. El desarrollo vegetativo que posean las plantas de ananá al momento de la inducción floral toma relevancia debido a relación de frutos más grandes en las plantas con mayor índice de área foliar (Rebolledo Martínez et al., 2006; Py, 1969). Ebel et al. (2016) encontraron que las condiciones ambientales bajo cobertura, inducen el aumento del área foliar, peso seco y peso fresco de las hojas “D” de las plantas de ananá.

En la tabla 3, se observan las diferencias entre los Sistemas de cultivo de ananá, siendo los resultados de las variables de crecimiento mayores en invernadero que a campo, coincidiendo con lo observado en el PCA.

CONCLUSIONES

El crecimiento vegetativo de las plantas de ananá estuvo influenciado por el sistema de cultivo más que por el aporte de fertilizantes, siendo mayor en invernadero que a campo, en las condiciones subtropicales de Corrientes.

BIBLIOGRAFÍA

Aular J, Casares M y Natale W. 2014. Nutrição Mineral e Qualidade do Fruto do Abacaxizeiro e do Maracujazeiro. Revisión. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal 36 (4): 1046-1054.

Bhattacharjee S. 2010. Sites of generation and physico-chemical basis of formation of reactive oxygen species in plant cell, en *Reactive Oxygen Species and Antioxidants in Higher Plants*, S. Dutta Gupta, Ed., CRC Press, New York, NY, USA. pp. 1–30.

Cunha GAP. 1989. Eficiência do ethephon, em mistura com hidróxido de cálcio e uréia, na floração do abacaxi. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Londrina 1(1): 51-54.

De Fina AL y Ravelo AC. 1985. *Climatología y Fenología Agrícolas*. 4º Ed. EUDEBA. Buenos Aires, Argentina. 354 pp.

Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M y Robledo CW. 2015. *InfoStat versión 2015*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Ebel AI, González AM y Alayón Luaces P. 2016. Evaluación morfoanatómica de hojas “D” de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr. var. *comosus*) en respuesta a la implantación de dos sistemas de cultivo en Corrientes, Argentina. *Acta Agronómica* 65 (4): 390-397.

Escobar EH, Ligier D, Melgar R, Matteio H y Vallejos O. 1994. Mapa de Suelo de los Departamentos Capital, San Cosme e Itatí, de la Provincia de Corrientes. INTA – CFI - ICA 125 p.

Gómez Herrera MD, Avanza MV y Alayón Luaces P. 2016. Actividad fotosintética de hojas de ananá (*Ananas comosus* L. Merr.) en diferentes estadios fenológicos bajo dos sistemas de cultivo. *Revista FACENA* 32: 9-18.

González Leguizamón R, Chabbal M, Domínguez JF, Mazza SM y Alayón Luaces P. 2013. Ciclo vegetativo de plantas de ananá (*Ananas comosus* L. Merr.) bajo dos sistemas de cultivo en Corrientes. *Revista FACENA* 29: 11-22.

Kalra PY. 1998. *Handbook of Reference Methods for Plant Analysis*. CRC Press. USA. 300 pp.

Kirkby EA y Römheld V. 2007. Micronutrients in plant physiology: functions, uptake and mobility. *Proceedings* 543. The International Fertilizer Society, P. O. Box, York, YO32 5YS, United Kingdom.

Lenscak MP y Mansutti JJ. 2009. Relevamiento y Diagnóstico Técnico de las Estructuras de Invernaderos de la Provincia de Corrientes. Publicación EEA Bella Vista. Serie Técnica N° 33. 2009. 18 pp.

Paull RE. 1997. Pineapple. In: *Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits*. S.K. Mitra (Ed.) CAB International, UK.

Py C. 1968. *La piña tropical. Técnicas agrícolas y producciones tropicales*. Editorial Blume. 278 pp.

Robert EP y Odilo D. 2011 Pineapple. In *Tropical Fruits*, pp.327–335. E.P. Robert and D. Odilo (Eds) London, UK: CAB International. 400 pp.

Zhang JS, Liu J y Ming R. 2014. Genomic analyses of the CAM plant pineapple. *Journal of Experimental Botany* 65: 3395–3404.