

ACTA BOTANICA CUBANA



No. 120

20 de diciembre de 1998



INSTITUTO DE ECOLOGÍA Y SISTEMÁTICA

Valoraciones acerca de la relación entre la micorrización y el contenido de nutrientes en diferentes poblaciones de casuarinas (*Casuarina equisetifolia*)*

Margarita RUIZ, Irma IZQUIERDO, Ana Maria SOTOLONGO,
Bertha SANDRINO y Marta LESCAILLE**

ABSTRACT: A comparative study in different casuarina populations was developed with the objective of determine the mortality possible causes of some of them. Five soil cores and green leaves samples were collected in each case. Mycorrhizal indexes like colonization percentage, occupancy and endophyte were evaluated as well as rootless and nodules biomass. Nutrient foliage and nitrogen, phosphorus, calcium and magnesium soil contents were also measured. The results suggest that unbalance between occupancy-rootless ratio and nutrients relationships, as well as aeration and soil pollution could be the reason why a functional unbalance was found in casuarina plants in the most disturbed areas.

KEY WORDS: Casuarina, micorrizas, nutrients.

INTRODUCCIÓN

Las casuarinas, nativas del norte de Australia, se encuentran naturalizadas en todos los países tropicales debido a su adaptabilidad a casi toda clase de suelos y a su gran importancia económica. *Casuarina equisetifolia* Forst es la más ampliamente propagada en nuestro país. Fue introducida por el primer Jardín Botánico de La Habana, probablemente en la tercera década del siglo pasado, respondiendo positivamente a nuestras condiciones climáticas, sin embargo actualmente se están presentando serios problemas de mortalidad en diferentes zonas del país, desconociéndose hasta el momento las causas que las originan.

Estos árboles presentan gran adaptabilidad a suelos pobres en nutrientes, pues se encuentran formando asociaciones micorrízicas con diferentes hongos presentes en el suelo, así como con un actinomiceto del género *Frankia*, responsable de la nodulación y de la fijación de nitrógeno en estas plantas.

Sin embargo, aunque la nodulación de casuarinas con *Frankia* es básica para su establecimiento exitoso en condiciones adversas, Rose (1980) sugiere que el papel de las casuarinas como plantas pioneras está asociado con la presencia de micorrizas en el sistema radicular. Diem y Gauthier (1982) reportaron que la doble inoculación con *Glomus mosseae* y *Frankia* aumentó significativamente el crecimiento de las plantas y la nodulación. Por otra parte, se ha encontrado que la inoculación con micorrizas y *Frankia* hizo que los nódulos de las plantas micorrizadas fueran dos veces más eficientes que los formados por las no micorrizadas. Además, el balance de determinados nutrientes resulta muy importante en el establecimiento de las plantaciones de casuarinas.

Se conoce que el fósforo estimula más que el crecimiento de la planta, la nodulación, sin embargo, este elemento es menos requerido que el potasio y el magnesio, aunque en suelos muy carentes de fósforo y potasio, los árboles pueden morir; el calcio también es importante para *Casuarina equisetifolia*, lo que explica por qué estas plantas crecen mejor en suelos alcalinos; se conoce que la acidez es el mayor impedimento para la nodulación, porque probablemente influye sobre los factores que controlan la susceptibilidad del huésped a la infección (Diem y Dommergues, 1990).

* Manuscrito aprobado el 12 de marzo de 1998.

** Instituto de Ecología y Sistemática. A.P 8029. C.P 10800. La Habana. Cuba.

En este sentido, el presente trabajo se realizó con la finalidad de caracterizar ecológicamente la presencia de *Frankia* y de las micorrizas asociadas a diferentes plantaciones de *Casuarina equisetifolia*, incluyendo en dicho estudio localidades con problemas de mortalidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fueron visitadas siete plantaciones de *Casuarina equisetifolia* en distintas localidades del país pertenecientes a Ciudad de La Habana, Pinares de Mayarí y Ciego de Ávila. En cada plantación fueron colectados cinco monolitos de suelo de 10 x 10 x 10 cm (alto x ancho x profundidad) separados entre sí no menos de 5m. También fueron tomadas cinco muestras de hojas verdes en cada caso.

Se determinaron los pesos de raicillas y nódulos por unidad de volumen, los porcentajes de micorrización (Giovannetti y Mosse, 1980) y la ocupación fúngica (Herrera *et al.*, 1984) en cada monolito. También fueron estimadas las micomasas de endófito arbuscular presentes en las raicillas (EVA total). En cada área se analizaron los contenidos de nutrientes en el suelo y la parte foliar.

Área	Provincia	Localidad	Descripción
1	C. Habana	Capdevila	Casuarinas de 5-8 años. saludables, suelo con buen drenaje.
2	C. Habana	Plaza	Casuarinas de 15-20 años. con amarillamiento de las ramas Suelo con buen drenaje. Zona antropizada
3	C. Habana	Boca Ciega	Casuarinas de 20-25 años, saludables. Abundantes nódulos y excretas de diplópodos. suelo arenoso.
4	Holguín	Mayarí	Casuarinas de aprox. 8 años, saludables, en áreas mineras de reforestación, en suelos lateríticos con buen drenaje.
5	Ciego Ávila	Baraguá	Casuarinas de 8-10 años, aparentemente saludable, con suelo anegado.
6	Ciego Ávila	Baraguá	Casuarinas de 15 años, con amarillamiento de las hojas, suelo medianamente anegado.
7	Ciego Ávila	Baraguá	Casuarinas de 18 años, muertas en su mayoría, suelo seco superficialmente.

Las zonas muestreadas fueron las siguientes:

Los métodos de análisis de suelo empleados fueron los siguientes: pH, por dilución suelo-solución H₂O y KCl. 1:2,5; materia orgánica, por Springer-Klee (Thum *et al.*, 1955), nitrógeno, por Kjeldhal y destilación; fósforo asimilable, por Bray-Kurtz (Jackson, 1958). Los cationes cambiabiles (K, Ca y Mg), fueron extraídos por lixiviación con acetato amónico y determinados por fotometría de llama y complejometría.

La digestión foliar se realizó por vía húmeda con peróxido de hidrógeno y ácido sulfúrico y los elementos fueron determinados por los métodos siguientes: nitrógeno, por el método indofenol colorimétrico (CIF, 1975), fósforo, por formación del complejo fosfomolibdico azul y los cationes cambiabiles por fotometría de llama (en el caso del potasio), el calcio y magnesio se determinaron por complejometría.

Los valores obtenidos de pesos secos de raicillas y de EVA fueron procesados por métodos no paramétricos mediante la prueba de Kruskal Wallis y el nivel de significación se determinó mediante el Test de Student Newman-Keuls (SNK)

Los datos de porcentaje de endomicorrizas y de densidad visual, así como los de peso seco de nódulos, se transformaron a arcosen x y se procesaron mediante un ANOVA de clasificación doble. En los casos necesarios se realizó el Test de Rangos Múltiples de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características químicas de los suelos y del follaje en las diferentes zonas muestreadas aparecen en las Tablas 1 y 2.

Las variaciones obtenidas en cada una de la localidades en cuanto a ocupación fúngica, porcentaje de EVA, peso seco de raicillas y nódulos así como el porcentaje de micortización se observan en las Figs. 1 a la 5.

Área 1: Al comparar los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo con las otras localidades muestreadas (Tabla 1), se puede apreciar que presentan valores intermedios, sin embargo, el contenido de materia orgánica muestra valores aceptables (Herrero *et al.*, 1987), aunque con el valor más bajo en comparación con las demás localidades. Se trata en este caso de una población joven que presenta poca producción de hojarasca, detritos y otros componentes en descomposición. Sin embargo, las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio en las hojas (Tabla 2) fueron significativamente superiores en comparación con las demás localidades, lo que se relacionó al parecer con los datos obtenidos de peso seco de nódulos, raicillas y porcentaje de endófito arbuscular, que se encuentran entre los más altos.

Área 2: Al analizar el comportamiento de los contenidos de los nutrientes fósforo y potasio en el suelo de esta área, observamos que superan significativamente a los obtenidos en las otras poblaciones evaluadas (Tabla 1), por otra parte los contenidos de nitrógeno foliares (Tabla 2), denotan baja asimilación de este elemento; los tenores de peso seco de raicillas y de nódulos así como el porcentaje de endófito arbuscular, que aparecen entre los más bajos, pudieran ser la causa de la poca disponibilidad del nitrógeno en la planta (Herrero *et al.*, 1987). Además, a pesar de que el nitrógeno no es muy alto, la falta de nódulos pudo estar influida por la contaminación de tipo ambiental del área y también por el desbalance de nutrientes; es en este caso donde la relación Ca/Mg fue más baja (Tabla 1).

Área 3: Las características arenosas del suelo de esta área hacen que exista mayor aireación, además, existe una buena humificación determinada probablemente por la participación de la fauna. Las concentraciones de fósforo en el componente foliar se presentan significativamente altas con respecto al resto de las localidades en estudio (Tabla 2). Paralelamente observamos que los valores de peso seco de raicillas se encuentran entre los más altos, análisis que demuestra la eficiencia de las raicillas y de las endomicorrizas en la absorción del fósforo soluble del suelo (las micomasas de EVA en este caso están entre los valores significativamente más altos); Las mediciones de peso seco de nódulos efectuadas mostraron mayor cantidad de los mismos en esta zona, lo que nos hace pensar también en una alta eficiencia en el aprovechamiento del fósforo.

Área 4: En esta localidad, el contenido de fósforo en suelo es bajo pero no difiere significativamente de la localidad anterior, por otro lado, el pH del suelo fue el más bajo, así como también el calcio (Tabla 1), lo que nos hace pensar que los bajos contenidos de este elemento pudieron determinar la baja nodulación en comparación con el área 3, siendo este valor significativamente inferior. La insuficiencia de calcio se refleja negativamente en las propiedades fisiológicas y en la reproducción de las bacterias nodulares ya que este catión está asociado a algunas enzimas o a elementos estructurales de la membrana o la pared celular. Cuando en el medio hay insuficiencia de calcio desciende la rigidez de la cubierta bacteriana y su penetrabilidad en la raíz se modifica (Fernández, C. y Novo, R., comun. pers.). El nitrógeno foliar obtenido está entre los mayores valores (Tabla 2), en este caso este resultado es atribuible a la eficiencia en la fijación de los nódulos (Torrey, 1990), al peso seco de las raicillas y al endófito.

Áreas 5, 6 y 7 (con problemas penetrabilidad de mortalidad): En las localidades 6 y 7 se encontraron los mayores valores de materia orgánica (Tabla 1).

En estas áreas los suelos permanecen anegados durante casi todo el año, lo cual limita la descomposición de la materia orgánica y la mineralización de los elementos debido a la poca oxigenación.

De esta manera, el fósforo en suelo estuvo entre los menores valores, por otro lado no existe ninguna tendencia estable en cuanto a la variación del calcio y el magnesio y por lo tanto las relaciones Ca/Mg en estos tres sitios son completamente diferentes, este hecho, unido a las condiciones de anegación de estas localidades, al parecer influyeron en la baja nodulación y por lo tanto en el bajo contenido de nitrógeno foliar (Tabla 2). Los menores valores de peso seco de raicillas se obtuvieron en estas áreas al igual que en el área 2. El porcentaje de ocupación fúngica fue mayor en el área 5 (casuarinas aparentemente saludables) con relación a todas las demás áreas analizadas, así como el endófito arbuscular. Estos dos parámetros fueron los más bajos en el caso de las áreas 6 y 7. Si comparamos estas tres localidades, comienza a verse una tendencia en el desbalance entre la ocupación fúngica, las raicillas y el endófito. Se observa de la localidad 5 a la 7, un estado de transición de las plantas de vivas a muertas, pues aunque las casuarinas todavía se observan saludables en el área 5, la biomasa de nódulos comienza a disminuir, lo que parece indicar que las micorrizas comienzan a parasitar y las plantas no tienen suficiente cantidad de raicillas para mantener una biomasa de EVA capaz de balancear la pérdida de nódulos producidos por *Frankia*.

Las localidades 6 y 7 resultaron ser las más afectadas en cuanto a los parámetros medidos. El área 7 ocupa una posición geográficamente más alta en el relieve, lo que determina que el tiempo de exposición al agua sea menor que las áreas 5 y 6. Sin embargo, es en ésta donde se observa mayor mortalidad de los árboles. Además no se encontró relación en cuanto a la variación de las características del suelo y las afectaciones de las casuarinas, esto hace pensar que, aparte de los bajos contenidos de fósforo en el suelo que atentan contra la simbiosis con *Frankia* y cierto desbalance en los macronutrientes, existen otras causas relacionadas con las características hidrofísicas de los suelos, que todas concatenadas entre sí pudieran determinar las afectaciones mencionadas. Por otra parte, el uso indebido de las semillas pudiera ocasionar una diploidía, como sucede en otros países donde las casuarinas son introducidas. En este sentido, algunos investigadores han utilizado la reproducción agámica para evitarse estos inconvenientes. Así mismo, no se encontraron raíces con ectomicorrizas en ninguna de las localidades muestreadas.

CONCLUSIONES

El desbalance entre la relación ocupación fúngica, raicillas y nutrientes, así como la aereación y la contaminación en el suelo pudo causar un desbalance funcional en las casuarinas, lo que coincide con las áreas más afectadas.

Las mejores localidades fueron la 1, 3 y 4, donde las poblaciones de casuarinas se observaron con mayor actividad biofertilizadora en lo que respecta al peso de los nódulos y a la biomasa del endófito arbuscular, en todos los casos estos resultados se corresponden con las mejores plantaciones desde el punto de vista forestal.

La susceptibilidad ambiental de ese balance pudiera estar influenciada por una mayor selección de las especies, por lo que recomendamos estudios de genética poblacional en las plantaciones que ya se encuentran afectadas y en los lugares donde las casuarinas se vayan a introducir.

REFERENCIAS

- CIF (1979): Técnicas Analíticas de Laboratorio, MINAGRI, La Habana. 30 p.
- Clemente F.C. y S.R. Novo (1988): Vida microbiana en el suelo
- Diem H.G. y D. Gauthier (1982): Effet de l'infection endomycorhizienne (*Glomus mosseae*) sur la nodulation et la croissance de *Casuarina equisetifolia*. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris 294 (III), 215-218.

- y Y.R. Dommergues (1990): The biology of *Frankia* and actinorhizal plants. Current and potential uses and management of *Casuarinaceae* in the Tropics and subtropics. Academic Press, 16, pp.317-339.
- Giovannetti, M. y B. Mosse (1980): An evaluation of technique to measure vesicular-arbuscular infection in roots. *New Phytol.*, 84: 489-500.
- Herrera, R.A., R.L. Ferrer y A. Prihryl (1984): Determinación colorimétrica de la densidad de infección en micorrizas va por extracción del azul de tripán. II. Comparación con otros métodos. En VEINTE ANIVERSARIO de la colaboración checo-cubana en el campo de la botánica. *Acta Bot. Cubana*, 20: 159-175.
- Herrero, G., A. Betancourt, A. García, F. Romero y M. Jiménez (1987): Influencia de la fertilización mineral y orgánica en el desarrollo de una plantación de *Pinus caribaea* var. *caribaea*. *Ciencias de la Agricultura*, 31: 97-111.
- Jackson, M. (1958): *Soil chemistry* prentice hall inc. Englewood Cliffs New York. 662pp.
- Rose, S.L. (1980): Mycorrhizal associations of some actinomycete nodulated nitrogen-fixing plants. *Canadian Journal of Botany* 58: 1449-1454.
- Thum, R., Hermann, R. y Knickmann, E. (1955): *Die untersuchungunon Boden (Methoden buch)*. Neumann Verlag, Radebeul, Berlín. Vol.1, 271pp.
- Torrey, J.G. (1990): The biology of *Frankia* and actinorhizal plants. *Cross-Inoculation Gropuwithin Frankia and Host-Endosymbiont Association*. Academic Press, pp. 83-106.

Tabla 1. Características químicas de los suelos en las diferentes zonas muestreadas. Cada dato se corresponde con la media de cinco réplicas

Area	pH		%		ppm		mcg/100g		
	H ₂ O	KCl	M.O	N	P	K	Ca	Mg	Ca/Mg
1	7.0	6.8	4.80d	0.42b	11.88b	0.53b	36.43a	18.92b	1.93
2	7.4	6.8	5.14d	0.41b	28.85a	1.41a	2.99d	19.74b	0.15
3	7.2	7.0	9.80b	0.27b	5.73c	0.51b	35.93a	17.28c	2.08
4	6.6	6.0	8.25c	3.96a	5.33c	0.39bc	9.98cd	9.05e	1.10
5	7.0	6.8	8.34c	0.54b	1.62c	0.13b	16.97c	10.69de	1.59
6	7.2	6.9	11.35a	0.46b	2.54c	0.17cd	3.43ab	13.98cd	2.46
7	7.1	6.9	10.49ab	0.60b	4.30c	0.15d	27.45b	60.88a	0.45

Tabla 2. Características químicas del follaje en las diferentes zonas muestreadas. Cada dato se corresponde con la media de cinco réplicas

Área	%				
	N	P	K	Ca	Mg
1	0.76a	0.09b	1.48a	1.57bc	0.20d
2	0.57bc	0.07b	1.43a	1.50bc	0.60ab
3	0.53cd	0.13a	0.28b	2.03a	0.42c
4	0.72ab	0.04c	0.26b	1.33c	0.62a
5	0.39cde	0.04c	0.34b	1.42bc	0.20d
6	0.38de	0.03c	0.40b	1.62b	0.42c
7	0.31e	0.04c	0.33b	1.53bc	0.51bc

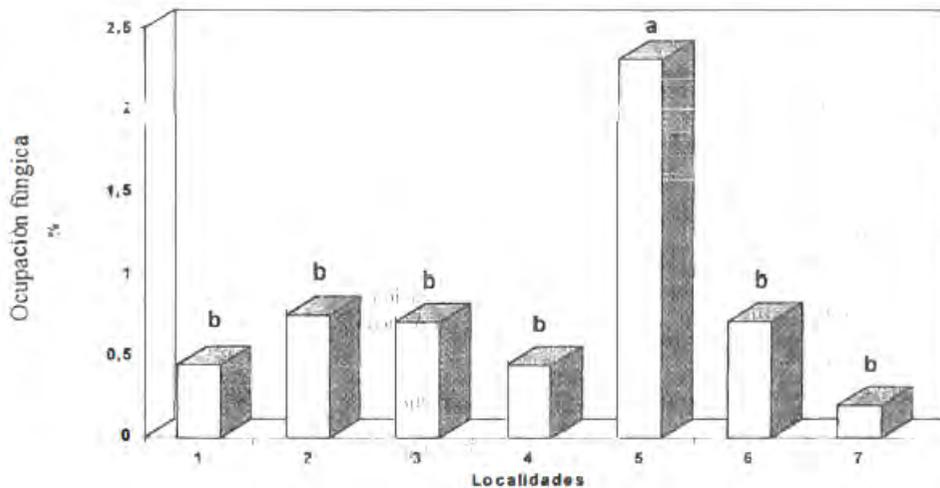


Fig. 1. Variación de los porcentajes de ocupación fúngica en las raíces de *Casuarina equisetifolia* en las diferentes áreas de estudio. 1, Capdevila, 2, Plaza, 3, Boca Ciega, 4, Mayari, 5, 6, 7, Baraguá

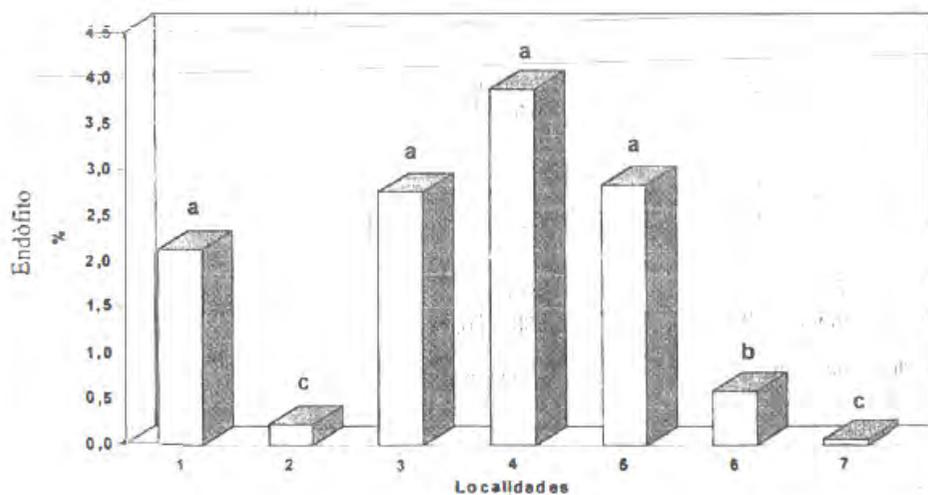


Fig. 2. Contenidos de endófito de micorriza arbuscular en las raíces de *Casuarina equisetifolia* en las diferentes áreas de estudio. 1, Capdevila, 2, Plaza, 3, Boca Ciega, 4, Mayari, 5, 6, 7, Baraguá.

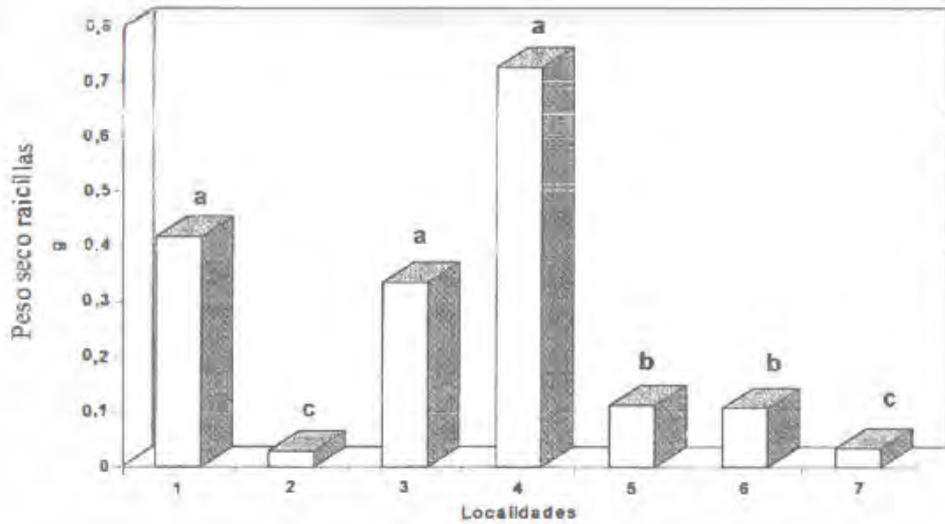


Fig. 3. Variación de los pesos secos de raicillas de *Casuarina equisetifolia* en las diferentes áreas de estudio 1, Capdevila, 2, Plaza, 3, Boca Ciega, 4, Mayarí, 5, 6, 7, Baraguá.

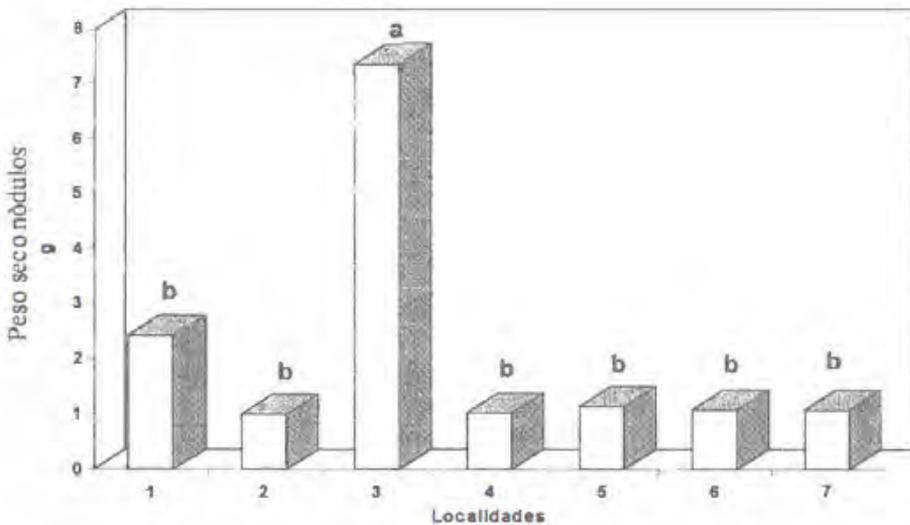


Fig. 4. Variación de los pesos secos de nódulos de *Casuarina equisetifolia* en las diferentes localidades de estudio. 1, Capdevila, 2, Plaza, 3, Boca Ciega, 4, Mayarí, 5, 6, 7, Baraguá.

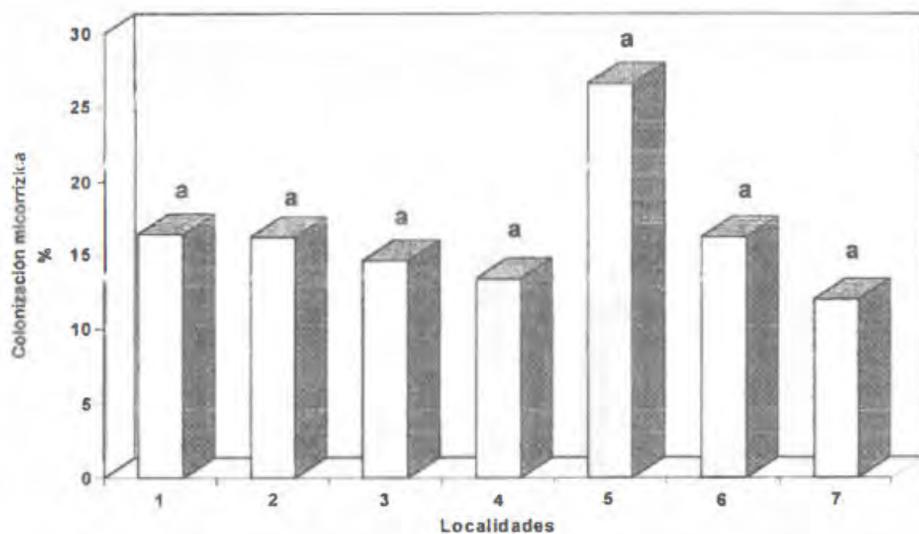


Fig. 5. Variación de los porcentajes de colonización micorrizica en plantas de *Casuarina equisetifolia* en las diferentes localidades de estudio. 1, Capdevila, 2, Plaza, 3, Boca Ciega, 4, Mayari, 5, 6, 7, Baraguá.