

COMUNICACIONES

Cambios químicos inducidos en las sabanas de Uverito (Edo. Monagas, Venezuela) por las plantaciones de *Pinus caribaea*.

Summary. A study on the changes in soil properties caused by *Pinus caribaea* var. *hondurensis* plantations in the Uverito savannah (Edo. Monagas, Venezuela) showed a slight tendency to increase the natural acidity of the surface soil in older plantations.

Active forms of iron and aluminium extracted with oxalate increased in the pine sites as compared with the natural savannah; however, statistical tests were significant mainly in the case of aluminium.

For exchangeable calcium it was possible to record a very small net loss in the soil beneath pine trees although only few results were statistically significant.

The fact that iron and aluminium reactive forms increased, through the solubilization induced by the organic material indicate a possible future limitation in the available levels of P and Mo; the former element is already known to exist in a limited concentration in these ecosystems. However, the active growth of the pine causes some soil enrichment after long periods of tree growth.

En la génesis de los suelos uno de los procesos que contribuye en forma más acentuada en la diferenciación de los horizontes es el movimiento y posterior deposición de los materiales. Durante el desarrollo del perfil pueden movilizarse diferentes sustancias: arcillas, materia orgánica, sales o iones inorgánicos y complejos órgano-metálicos de Fe, Al y Mn (2, 16). El traslado de la sustancia desde los horizontes superficiales a las zonas más profundas puede ocurrir a través de un proceso de lixiviación, sin que los materiales sean depositados en ninguna zona de perfil; tal es el caso de las pérdidas de elementos por drenaje

interno. Estas formas solubles pasan hasta el nivel freático y son eliminadas del ecosistema a través de las corrientes continentales. En forma característica son eliminados un sinnúmero de iones (K^+ , Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , NH_4^+ , NO_3^- , etc), que no se adsorben específicamente al complejo suelo (15).

Algunos materiales migran de la superficie y se acumulan en los horizontes más profundos. Dentro de este contexto el proceso más conocido es el de podsolización, mecanismo de formación de suelos que se conoce desde mediados del siglo pasado (19).

En este trabajo se estudiarán los cambios químicos introducidos en los suelos de sabanas por plantaciones de pinos de 5, 7 y 9 años de edad. La comparación se hará con base en los datos obtenidos en perfiles de suelos con la vegetación natural de la zona (gramíneas) y perfiles en donde la vegetación natural ha sido sustituida por especies introducidas (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*).

Materiales y métodos

Ubicación de la zona de estudio

La zona seleccionada se denomina Uverito, (Distrito Sotillo, Estado Monagas, Longitud $62^\circ - 62^\circ 30'$ y latitud $8^\circ 30' - 8^\circ 50'$), presenta una altitud de 50-60 msnm. La vegetación original de estas sabanas estaba representada por una cubierta de gramíneas donde dominaba *Trachypogon plumosus* (paja llanera o Zaeta) asociada con ejemplares aislados de *Curatella americana* (Chaparro) y *Byrsonima crassifolia* H. B. K. (Manteco) y a veces un bosque de galería poco denso y bajo, formado por especies

arbustivas y arbóreas (4). El programa de desarrollo de estos bosques de monocultivo se inició con la siembra en 1969 de un millón de plantas en 750 ha y se persigue como finalidad del proyecto, tener plantado para 1985 un bosque de 180 millones de plantas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* y *Eucalyptus* spp. en una extensión de 140 000 ha.

La región presenta una precipitación media anual de 1098 mm caracterizada por lluvias de alta intensidad y poca duración y una época seca donde se puede presentar un período largo sin lluvias (5, 16); la temperatura media es de 25°-25.7°C.

Los suelos de la región de Uverito corresponden desde el punto de vista geológico a la formación Mesa (son aluviones muy meteorizados de una extremadamente baja fertilidad natural). La textura del horizonte superficial es arenosa con buen drenaje, pero, los materiales finos aumentan en los horizontes profundos haciéndose la textura franco arcillosa (5).

El contenido de bases cambiables es muy bajo por lo que son comunes en la zona los Arenic Oxíc Paleustult (5). Igualmente son también bajos los niveles de fósforo disponible y total (5). En lo que concierne al fósforo disponible López-Hernández *et al.* (10) señalan valores prácticamente nulos. Un experimento de fertilización realizado por los mismos autores (11) indicó una respuesta inmediata del cultivo de frijol (*Vigna unguiculata* var. Tuy).

Se escogieron diez sitios al azar dentro de las plantaciones de pinos de los años (1969, 1971 y 1973). Las mismas tenían al momento de iniciarse el estudio 9, 7 y 5 años respectivamente. Igualmente se tomaron diez sitios al azar como testigos (sin plantaciones de

pinos) correspondientes a cada año estudiado. Los testigos se muestrearon en suelos de sabana muy cercanos a las plantaciones escogidas.

En cada perfil analizado las muestras se tomaron subdividiendo el mismo cada 15 cm, desde la superficie hasta 120 cm de profundidad. Las muestras fueron tomadas con barreno y luego de secar se pasaron a través de un tamiz de 2 mm.

El pH de la suspensión suelo-agua (1:5) se midió de acuerdo con el método reseñado por Jackson (6).

Para la extracción de las formas solubles de Al, Fe y Ca, se utilizó una solución de oxalato de amonio a pH 3.0 de acuerdo con el método propuesto por MacKeague y Day (13).

Los análisis de los elementos se realizaron por absorción atómica en un Varian Techtron AA6.

Resultados y discusión

Cambios de pH en el perfil del suelo bajo la presencia de las plantaciones

Si se compara el pH de las plantaciones del año 1969 y 1973 respecto a su testigo se observa que para casi todos los horizontes muestreados el pH del testigo es superior a las zonas con pinares, mientras que los suelos de los pinares del año 1971 acusaron, en todo caso, un pH más bajo que sus respectivos testigos (Cuadro 1). Se concluye que para la plantación del año 1969 ha ocurrido un descenso significativo del pH del suelo (0.32 unidades de pH) en el horizonte superficial (0-15 cm), mientras que para los otros casos las diferencias no fueron significativas. Por el

Cuadro 1. Valores de pH en las plantaciones de pinos y sus respectivos testigos.

Horizonte (cm)	Plantación			Testigo	
	1969	1971	1973	1969-1973	1971
0 - 15	4.49*	4.45*	4.67	4.81	4.82
15 - 30	4.64	4.58*	4.76	4.81	4.76
30 - 45	4.68	4.64*	4.85	4.82	4.79
45 - 60	4.87	4.70*	4.78	4.76	4.87
60 - 75	4.80	4.58*	4.82	4.82	4.87
75 - 90	4.84	4.62*	4.83	4.95	4.93
90 - 105	4.73	4.68*	4.78	4.75	4.96
105 - 120	4.73	4.81*	4.77	4.67	5.14

* Diferencias significativas al 5% (Prueba de T), en relación con el respectivo testigo

contrario, en la plantación del año 1973 en ninguno de los casos hubo diferencias de pH entre el testigo y la plantación. En forma sorprendente, los suelos de la zona de pinares del año 1971 acusaron en todos los casos, diferencias de pH estadísticamente significativas con relación a los testigos.

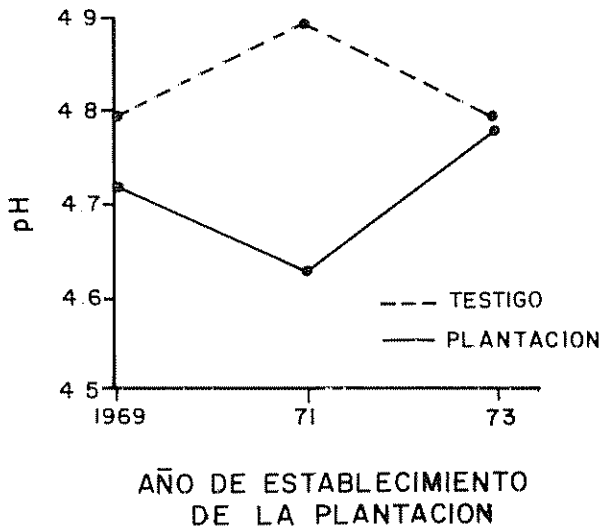


Fig. 1. Efecto de la edad de la plantación sobre el pH (todos los horizontes).

La variación del pH entre los suelos estudiados se pueden atribuir, en primer lugar, a una cierta variabilidad en distancias cortas para suelos que pertenezcan a la misma serie, tal y como ha sido señalado por Beckett y Webster (1), y López-Hernández (8, 9), de tal manera que la diferencia observada no sea debida al factor estudiado (presencia de pinares), sino a la escogencia sistemática, en uno y otro lugar de suelos con características físico químicas diferentes. En segundo lugar el cambio en el pH puede deberse a una cierta acidificación inducida por la presencia de pinares. Los ácidos orgánicos, polifenoles, etc., producidos por esta vegetación influirían no sólo el pH del suelo sino también directamente sobre el complejo de cambio produciendo una remoción de bases alcalinas y alcalinotérreas y una mayor sustitución de H en el complejo coloidal (3, 7, 17).

La mayor acidez de los suelos en las plantaciones del año 1969 (Cuadro 1) podría deberse a la segunda explicación, pero queda la duda si los cambios del pH operados en la plantación del año 1971 sean debidos más bien a una variación en cortas distancias.

Las Figuras 1 y 2 representan el pH promedio en las diferentes plantaciones (1969, 1971, 1973) y en la sabana natural. Resalta claramente que el pH decae bajo el efecto de los pinares y tal efecto es más notorio de los horizontes superficiales, disminuyendo con la profundidad.

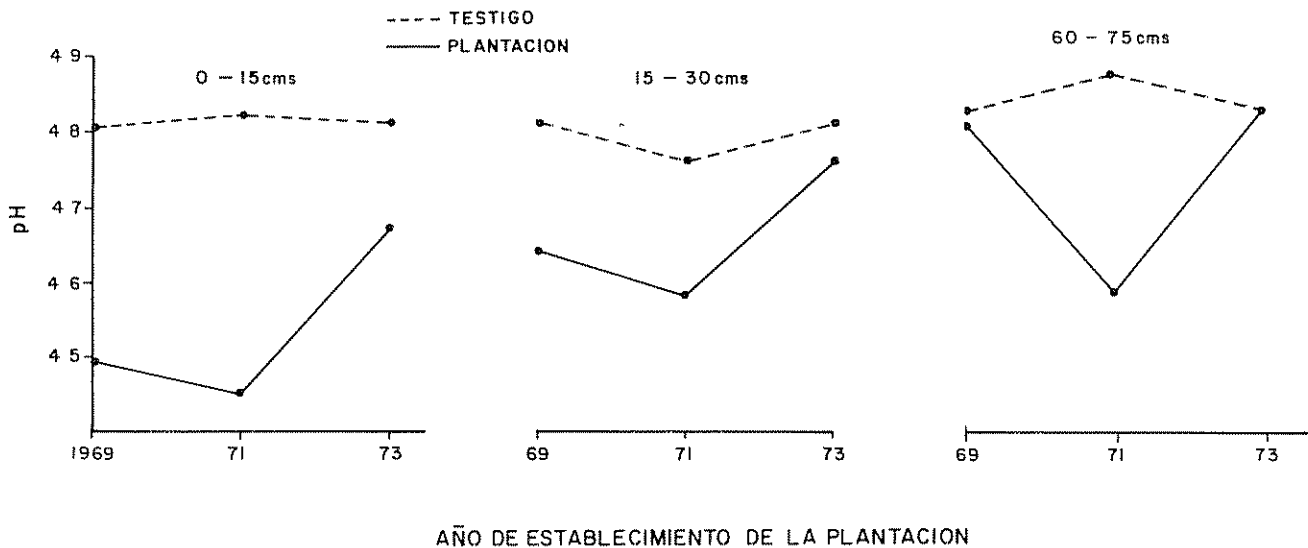


Fig. 2. Efecto de la edad de la plantación sobre el pH a 0-15, 15-30 y 60-75 cm de profundidad.

Cuadro 2. Determinación del contenido de aluminio activo (ppm) en las plantaciones y sus respectivos testigos.

Horizonte (cm)	Plantación			Testigo	
	1969	1971	1973	1969-1973	1971
0 - 15	822	1 004	1 544*	396	388
15 - 30	1 110*	972*	2 048*	420	300
30 - 45	760	1 032*	2 224*	428	282
45 - 60	926*	1 528*	2 332*	436	280
60 - 75	1 424*	1 270*	1 764*	564	220
75 - 90	1 366*	1 456*	2 308*	568	256
90 - 105	1 410	1 382*	2 976*	828	232
105 - 120	1 652	1 290*	2 416*	884	166

* Diferencias significativas al 5% (prueba de T), en relación con el respectivo testigo

Cambios en el contenido de Al activo por efecto de la plantación

En el Cuadro 2 se presenta la información sobre los contenidos de aluminio activo de los suelos estudiados

Cuando se comparan los niveles de este elemento, en los suelos de las plantaciones con relación a sus respectivos testigos, destaca el incremento en la proporción de aluminio soluble bajo el sistema de plantación. Tales resultados tiene una verificación estadística significativa en la mayoría de los casos.

No en todos los años estudiados estas diferencias fueron del mismo orden; así en la plantación del año 1973 ocurre la mayor acumulación del aluminio activo en el perfil del suelo, por otro lado el menor incremento en aluminio activo ocurre en las plantaciones del año 1969. Se puede concluir que como consecuencia de la presencia de los bosques de coníferas ha ocurrido una activación de las formas solubles del aluminio capaces de ser extraídas con el oxalato de amonio. Se señalan entre otras sustancias acompañantes: polifenoles y los ácidos benzoico, oxálico, cítrico, fúlvico, málico y shikimico (14, 18)

Otro hecho interesante es que en todas las plantaciones estudiadas la mayor activación de las formas solubles del aluminio ocurre en los horizontes más profundos (Cuadro 2, Figuras 3 y 4), lo que sugiere una posible migración de este elemento a través del

perfil. Sin embargo, para presentar una conclusión más firme al respecto es necesario un estudio más riguroso, haciendo uso de los métodos de la pedología dinámica (19).

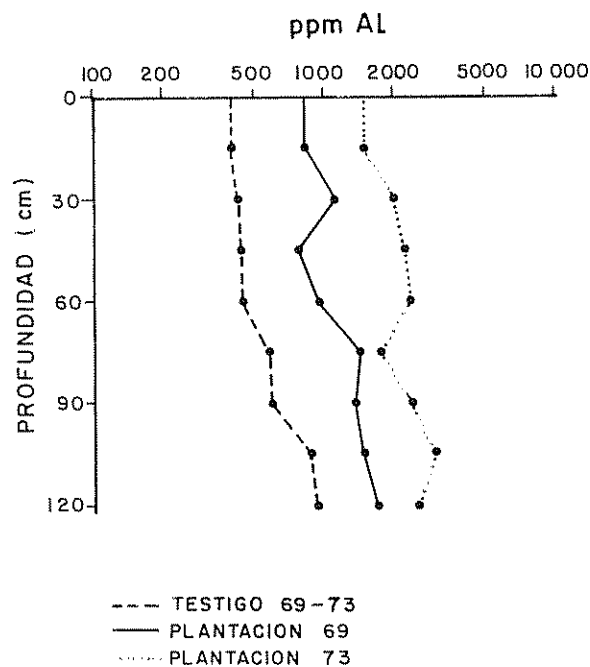


Fig. 3. Variación del contenido Al en el perfil del suelo.

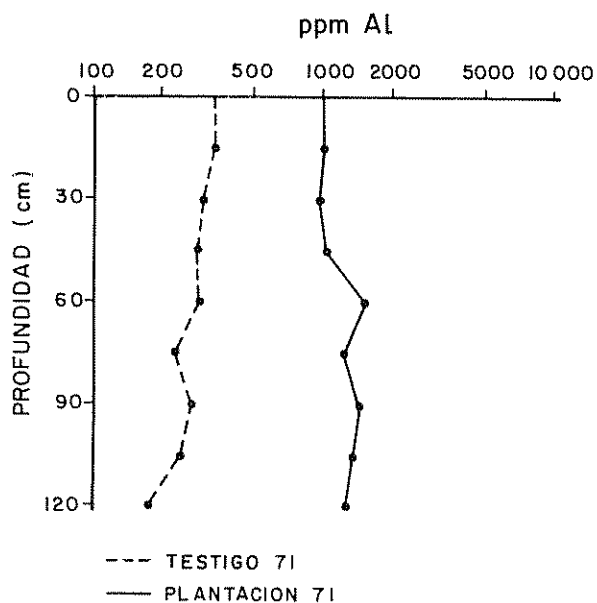


Fig 4 Variación del contenido de Al en el perfil del suelo

Un estudio similar al aluminio se realizó con el hierro extraíble con oxalato de amonio. Si bien, en general los resultados señalan una tendencia a generarse mayores niveles de hierro soluble en oxalato por efecto de la plantación, en menor número de casos se obtuvo significación estadística (16).

Cambio en el contenido de calcio cambiante por efecto de la plantación.

Los datos correspondientes a la cantidad de calcio de los suelos en las diferentes plantaciones se resumen en el Cuadro 3. Estos resultados son, en todo caso

comparativos, ya que es necesario tomar en consideración que, por la facilidad con que el oxalato forma complejos insolubles con el calcio, no es un reactivo adecuado para extraer niveles disponibles de Ca en los suelos. Para la plantación del año 1969 se observa que en todos los horizontes el contenido de calcio del testigo es superior a las zonas con pinares. Igual fenómeno se observa en el caso de las plantaciones del año de 1971 y 1973, a excepción de algunos horizontes.

En lo que respecta al estudio estadístico (Cuadro 3), sólo en 8 casos de 24 se encontraron diferencias significativas entre los niveles de calcio de la plantación respecto a la sabana natural.

Con base en la información suministrada en el Cuadro 3 es posible señalar una cierta lixiviación de las formas solubles del calcio en los perfiles del suelo donde fue plantado el *P. caribaea*.

Al parecer, el monto de calcio perdido en el ecosistema no es alto, si se compara con el efecto de las mismas plantaciones sobre las formas activas del aluminio. Tal discrepancia es normal, puesto que los niveles de las formas totales y activas de este último elemento, por lo general supera en una buena proporción (en suelos tropicales, no calcáreos) los valores correspondientes al calcio y al magnesio (12). Para las plantaciones de pino ha ocurrido en el perfil una disminución en el contenido del calcio susceptible de ser extraído con el oxalato de amonio. La explicación de tal fenómeno, a diferencia del caso anteriormente discutido (aluminio), radica en la sustitución en el complejo de cambio de los bajos niveles de calcio cambiante por el hidrógeno y el aluminio cambiante.

Cuadro 3. Determinación del contenido de calcio cambiante (ppm) en las plantaciones y sus respectivos testigos.

Horizonte (cm)	Plantación			Testigo	
	1969	1971	1973	1969-1973	1971
0 - 15	61	45*	78	69	68
15 - 30	66	44	65	67	64
30 - 45	57*	38*	65*	78	68
45 - 60	59*	57	62*	81	59
60 - 75	63	57	70	76	57
75 - 90	67	58	71	78	60
90 - 105	59*	52	75	80	65
105 - 120	73	58	58*	87	55

* Diferencias significativas al 5% (Prueba de T), en relación con el respectivo testigo.

La lixiviación de los cationes solubles alcalinos y alcalinotérreos es un fenómeno natural que ocurre normalmente en los suelos en desarrollo (3, 17). Este fenómeno se ve acentuado en zonas tropicales que cuenten con suficiente precipitación y drenaje adecuado. Como es obvio, el ecosistema forestal de Uverito con sus suelos altamente arenosos, representa un medio muy adecuado para que ocurra una intensa lixiviación de esas bases

Resumen

En un estudio realizado sobre el efecto que tienen las plantaciones de pinos (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*) sobre los suelos de las sabanas de Uverito (Edo Monagas, Venezuela) se encontró un ligero incremento de la acidez natural de estos suelos en el horizonte superficial de las plantaciones más viejas.

El contenido de aluminio y de hierro activo extraído con oxalato fue mayor en las plantaciones que en la sabana natural. Sin embargo, las pruebas estadísticas corroboraron esta información sólo en el caso del aluminio.

En lo que concierne al calcio se puede señalar una pérdida neta (muy pequeña) de este elemento en los suelos bajo pinares, aunque las pruebas estadísticas sólo dan algunos de los valores significativos.

El hecho de que las formas reactivas de Fe y Al incrementan debido a una solubilidad inducida por el material orgánico aportado por los pinos, permite señalar limitaciones futuras en los niveles de P y Mo, el primero de los cuales se sabe existe en una extrema baja proporción en esos ecosistemas. Sin embargo, el activo crecimiento de los pinos puede aportar sustanciales niveles de nutrimento de las zonas profundas del suelo a medida que la plantación envejece.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración del Lic. D. Flores en la selección de los sitios de estudios y muestreos de suelos.

Este trabajo forma parte de las investigaciones que sobre problemas nutricionales en sabanas tropicales adelanta el laboratorio de Estudios Ambientales IZI, Facultad de Ciencias con el apoyo financiero del CDCH y del CONICIT. Caracas, Venezuela.

24 enero de 1983

D. LOPEZ-HERNANDEZ*
L. E. POMENTA*

* Laboratorio de Estudios Ambientales IZI Facultad de Ciencias Universidad Central de Venezuela.

Literatura citada

1. BECKETT, P. H. T. and WEBSTER, R. Soil variability: A review. *Soil and Fertilizers* 34:1-15. 1971.
2. BLOMFIELD, C. The translocation of metals in soil. In D. J. Greenland and M. H. B. Hayes eds. *The chemistry of soil processes*. 1981. pp. 463-504.
3. BUCKMAN, D. H. and BRADY, C. N. *The Nature and Properties of Soils*. Seventh edition New York, The MacMillan Company 1972.
4. CORPORACION VENEZOLANA DE GUAYANA. Informe de la Corporación Venezolana de Guayana sobre Uverito, 1978.
5. FASSBENDER, H. W., COMERMA, J., BRITO, P. y SALAS, F. Estado nutricional de los suelos en la zona de *Pinus caribaea* en el oriente de Venezuela. *Acta Científica Venezolana* 30:582-585. 1979.
6. JACKSON, M. L. *Análisis Químico de Suelos*. 2nd. Edición. Barcelona, Edit. Omega. 1970.
7. KLINGE, H. Podsol soils in the Amazon Basin. *Journal of Soil Science* 16:95-100. 1965.
8. LOPEZ, HERNANDEZ, I. D. Phosphate sorption and desorption in tropical and British soils. PhD Thesis London University 1973.
9. LOPEZ-HERNANDEZ, I. D. La química del fósforo en suelos ácidos. Caracas, ed. Biblioteca Universidad Central de Venezuela. 1977.
10. LOPEZ-HERNADEZ, I. D., CORONEL, I. y ALVAREZ, L. Uso de la isoterma de adsorción para evaluar requerimientos de fósforo. I. Isotermas de adsorción de los suelos Turrialba 31:169-180 1981.
11. LOPEZ-HERNADEZ, I. D., CORONEL, I. y ALVAREZ, L. Uso de la isoterma de adsorción para evaluar requerimientos de fósforo. II. Determinación con base en los datos de adsorción, del requerimiento externo de P para *Vigna unguiculata* L. var. Tuy. Turrialba 31:181-188. 1981.

12. LOPEZ HERNANDEZ, I. D., FEBRES, A y FERMIN, Y. Consideraciones sobre el contenido de sodio, potasio, calcio y manganeso en suelos y sedimentos del llano venezolano. *Acta Científica Venezolana* 23:34-39 1972.
13. MACKEAGUE, J and DAY, J. H. Dithionite and oxalate extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Canadian Journal Soil Science* 46:13-21. 1965.
14. MOHR, E., VAN BAREN, F. and SCHUYLENBORG, J. Complex formation, cheluviation and chilluviation. In *Tropical Soils*. Mouton, The Hague. 1972.
15. MOTT, C. J. Anion and ligand exchange. In D. J. Greenland and M. H. B. Hayes eds. *The chemistry of soil processes*. 1981 pp 179-219.
16. POMENTA, L. E. Efectos de los pinares de Uverito (Edo. Monagas) sobre el grado de acidificación y las formas solubles de Al, Fe y Ca en el perfil del suelo. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela 1981.
17. RUSSELL, E. W. *Soil conditions and plant growth*. 10 Edition. Editorial Longman 1973.
18. SCHNITZER, M. and DESJARDINS, J. G. Chemical characteristics of a natural soil leachate from a humic podzol. *Canadian Journal of Soil Science* 49:151-158 1969.
19. SINGER, M., UGOLINE, F. C. and ZACHARA, J. *In situ* study of podzolization on tephra and bedrock. *Soil Science Society of American Journal* 42:105-111 1978.

Productividad de una cerca viva de *Erythrina berteroana* Urban en Turrialba, Costa Rica.

Summary. Biomass production of an *Erythrina berteroana* Urban live fence with 8 months old branches was evaluated. The yield obtained from the pruning of 100 m of fence with 169 posts, was 319 of dry matter.

In addition, the relationships between the basal area of branches and its dry weight, and between number of branches per post and its production were determined.

Some aspects about possibilities of living fences as a potential resource in small farms are discussed.

El uso de postes vivos para el establecimiento de cercas es muy frecuente en Costa Rica y otros países de América Central (8), siendo numerosas y variadas las especies utilizadas de acuerdo a las condiciones climáticas y culturales. Los agricultores han acumulado amplia experiencia en la implantación y manejo del sistema "cerca viva"; cada especie tiene sus propias características de crecimiento, prácticas culturales y productos que pueden obtenerse, tales como leña, madera, frutos, flores, forraje para el ganado y otros animales domésticos, principios medicinales y otros (4).

No se han hecho muchos intentos por caracterizar y cuantificar los productos y subproductos que pueden obtenerse de las cercas vivas. Budowski (4), al comparar las cercas vivas con las cercas de postes muertos para soporte del alambre de púa, encontró que las primeras tienen los siguientes usos y ventajas:

1. Rinden diversos productos adicionales con valor económico, ya sea como alimento humano, forraje, productos medicinales, incluyendo leña y nuevos postes vivos para cercas.
2. Dan protección a cultivos y animales contra el viento.
3. Sirven como barrera para detener la erosión y tienen un efecto beneficioso sobre el suelo.
4. Generalmente, duran mucho tiempo.
5. Tienen un costo relativamente muy bajo o ninguno.

Sin embargo, el mismo autor anota algunos inconvenientes, como: necesidad de un manejo cuidadoso, dificultad en "levantar" o eliminar la cerca, problemas de sobrevivencia de los postes vivos.

Si bien éstas y otras apreciaciones sobre cercas vivas cubren aspectos cualitativos, aún no se dispone de cifras para hacer una cuantificación más precisa de los beneficios derivados.

Actualmente en Costa Rica se conocen cercas con las siguientes especies de *Erythrina*: *E. berteroana*, *E. costaricensis*, *E. cochleata*, *E. fusca* (*E. glauca*) y ocasionalmente, *E. poeppigiana*.