

# Efecto de introducir *Arachis pintoii* sobre variables del suelo de pasturas de grama nativa del trópico húmedo mexicano

## Effect of *Arachis pintoii* introduction on soil variables in native grass pastures in the Mexican humid tropics

Epigmenio Castillo Gallegos<sup>a</sup>, Braulio Valles de la Mora<sup>a</sup>, Leendert 't Mannetje<sup>b</sup>, Andrés Aluja Schunemann<sup>c</sup>

### RESUMEN

Las gramas nativas constituyen entre el 25 y el 75 % de las pasturas del trópico húmedo mexicano dedicadas a la ganadería de cría y doble propósito. Dichas pasturas son poco productivas debido a la baja fertilidad del suelo. *Arachis pintoii* (Ap) es una leguminosa persistente, fijadora efectiva de N<sub>2</sub>, que se adapta a condiciones cálidas y húmedas. Entonces, se propuso que la mejor forma de mejorar la producción sustentable de las gramas nativas (GN) sería con la introducción de *A. pintoii*. A tres años y medio de su introducción, el suelo de la grama con leguminosa (GN+Ap) mostró niveles ligeramente superiores de carbono que la pastura testigo de grama nativa. El valor inicial de carbón a 20 cm de profundidad en 1998 fue de 24.7 t/ha y el incremento promedio hasta 2001 fue de 3.7 t/ha/año y 4.8 t/ha/año para GN y GN+Ap, respectivamente. El tratamiento GN+Ap agregó al suelo 60 kg/ha/año de N. La densidad aparente del suelo no fue afectada por los tratamientos, siendo su media de 1.21 g/cm<sup>3</sup>. En conclusión, los incrementos de C y N debidos a la introducción de *A. pintoii* en la grama nativa podrían constituir un "bono" ambiental para los agroecosistemas de pastura del trópico húmedo mexicano.

**PALABRAS CLAVE:** *Arachis pintoii*, Suelo, Carbono, Nitrógeno, Fertilidad, Densidad aparente, Apacentamiento.

### ABSTRACT

Native grass pastures account for 25 to 75 % of grazing lands in the Mexican humid tropics used for cow-calf and dual-purpose systems. These pastures have low productivity due to low soil fertility. *Arachis pintoii* is a persistent legume that effectively fixes N<sub>2</sub>, and is adapted to hot, humid tropical climate conditions as well as to low fertility, acid soils. Introduction of *A. pintoii* into native grass pastures was proposed as the best way to improve sustainable cattle productivity. Three and a half years after its introduction, soil under the native grass pasture + legume (NG+Ap) treatment showed slightly higher C levels than that under the native grass only (NG) treatment. Initial C value (1998) to 0.2 m depth was 24.7 t/ha, with a mean increase up to the year 2000 of 3.7 t/ha/year for the NG and 4.8 t/ha/year for the NG+Ap. The NG+Ap treatment added 60 kg/ha/year of N to the soil. Bulk density was unaffected by the treatments, with a mean of 1.21 g/cm<sup>3</sup>. It is concluded that C and N soil contents increase from introduction of *A. pintoii* may be an environmental bonus for pasture agroecosystems in the Mexican humid tropics.

**KEY WORDS:** *Arachis pintoii*, Soil, Carbon, Nitrogen, Fertility, Bulk density, Grazing.

Las gramas nativas se formaron al desmontar y quemar el bosque original, seguido de varios ciclos de cultivos como el maíz, que agotaron con relativa rapidez las reservas naturales de nutrientes del suelo. Al reducirse el volumen de las cosechas, la opción

In the humid tropics of Mexico, native grass pastures are established after the original forest is cut and burned. Corn is then cultivated for a number of seasons quickly exhausting natural soil nutrient reserves, and as corn harvest volume diminishes,

Recibido para su publicación el 7 de junio de 2004 y aceptado para su publicación el 6 de diciembre de 2004

<sup>a</sup> Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. pime11302002@yahoo.com.mx. Correspondencia al primer autor.

<sup>b</sup> Universidad de Wageningen, Países Bajos.

<sup>c</sup> Coordinación General de Investigación y Relaciones Interinstitucionales, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México

para los productores fue el apacentamiento del terreno por bovinos domésticos, cuyo efecto, junto con las quemas periódicas, resultó en una vegetación de sabana, dominada por gramíneas de los géneros *Paspalum*, *Axonopus*, *Setaria* y *Cynodon*, a los que complementan leguminosas de los géneros *Macroptilium*, *Desmodium* y *Centrosema*<sup>(1)</sup>. Esta vegetación cubre entre 25 y 75 % de las pasturas del trópico húmedo de México, y es la principal fuente de alimento para el bovino de cría y de doble propósito. En la práctica, estos terrenos no se fertilizan ni poseen leguminosas productivas que adicionen cantidades adecuadas de nitrógeno, que es el elemento motor del crecimiento de la pastura, lo cual, después de decenas de años de uso, ha llevado a la degradación de la fertilidad del suelo y del pastizal. En el futuro, la viabilidad del agroecosistema de gramas nativas, dependerá de su capacidad para prestar servicios ambientales, como sería el secuestro efectivo de carbón, lo que contribuiría a reducir el CO<sub>2</sub> atmosférico<sup>(2)</sup>.

El establecimiento y mantenimiento de gramíneas introducidas es caro porque el costo de la semilla es alto, además que su permanencia en la pastura y su nivel productivo dependen en gran medida de la disponibilidad de nitrógeno. Por esto, es bastante probable que las gramíneas introducidas sean adoptadas en baja escala por los ganaderos de la región tropical, pues estos no fertilizan o asocian leguminosas persistentes y compatibles a las gramíneas introducidas. Por lo anterior, proponemos que el mejoramiento sustentable de las pasturas de grama nativa del trópico húmedo de México, puede lograrse mediante el uso de leguminosas persistentes que mejoren la fertilidad del suelo a través de la fijación biológica de N<sub>2</sub>, y simultáneamente incrementen la producción animal al mejorar la calidad nutricia de la dieta del rumiante doméstico.

*Arachis pintoi* CIAT 17434 es una leguminosa que ha permitido incrementar la producción de leche y carne a partir de su asociación con gramíneas introducidas como estrella de África (*Cynodon plectostachyus*, *C. nlemfuensis*) y *Brachiaria* spp<sup>(3,4)</sup>, así como también ha permitido mejorar los inventarios de N y C de los suelos<sup>(5)</sup>. El presente trabajo describe el efecto de la introducción de la

producers resort to grazing the land with cattle. This activity, in conjunction with periodic burns, results in a savannah-like vegetation dominated by *Paspalum*, *Axonopus*, *Setaria* and *Cynodon* genera gramineae and to a much less extent by *Macroptilium*, *Desmodium* and *Centrosema* genera legumes<sup>(1)</sup>. This vegetation type covers from 25 to 75 % of the pastureland in the Mexican humid tropics and is the main feed source in cow-calf and dual-purpose production systems. In practice, these lands are not fertilized or sown with productive legumes to add nitrogen (N) to the system. Since N is the element driving pasture growth, after decades of use without proper N fixation, soil and grassland fertility have considerably degraded. Future viability of the native pasture agroecosystem will depend on the ability to provide environmental services, such as effective carbon sequestration to reduce atmospheric CO<sub>2</sub><sup>(2)</sup>.

Establishment and maintenance of introduced grasses is expensive due to the high cost of seed and that their production level and persistence in pastures largely depends on N availability. As a result, ranchers are likely to make only small-scale use of introduced grasses because they do not fertilize or plant persistent legumes that could be compatible with native and introduced grasses. Given this reality, the sustainable improvement of native grassland pastures in the Mexican humid tropics could be attained through the use of persistent legumes that improve soil fertility through biological fixation of N<sub>2</sub>, simultaneously increasing animal production by raising the nutritional quality of the domestic ruminant diet.

*Arachis pintoi* CIAT 17434 is a legume that has induced increases in milk and meat production when planted in association with introduced grasses like African stargrass (*Cynodon plectostachyus*, *C. nlemfuensis*) and *Brachiaria* spp<sup>(3,4)</sup>, and is known to raise soil N and C inventories<sup>(5)</sup>. The present study documented the effect of introduction of the perennial forage legume *Arachis pintoi* CIAT 17434 into native grasslands on some soil variables considered important for pasture agroecosystem sustainability.

leguminosa forrajera perenne *Arachis pintoii* CIAT 17434 en gramas nativas sobre algunas variables del suelo consideradas importantes para la sustentabilidad del agroecosistema de pastura.

El estudio se condujo en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, situado en la planicie costera del Golfo de México, a 40 km al oeste de la línea costera, a 20° 02' N, 97° 06' W, y 112 msnm. El clima (1980-2000) es cálido y húmedo con lluvias todo el año, con precipitación anual promedio de  $1931 \pm 334$  mm. La lluvia media mensual es muy variable ( $161 \pm 132$  mm), pero en general suficiente para el crecimiento de la pastura, pues las sequías tienden a ser ocasionales y cortas. La temperatura media diaria promedio fue  $23.9 \pm 6.4$  °C. Las temperaturas mensuales promedio máximas ( $29.2 \pm 3.3$  °C) y mínimas ( $18.6 \pm 3.9$  °C) son razonablemente uniformes año tras año. Las épocas climáticas son: lluviosa, de julio a octubre, con precipitación y temperatura alta; invernal o “nortes” de noviembre a febrero, con lluvia y temperaturas decrecientes, y “sequía”, de marzo a junio. Las bajas temperaturas en invierno y la alta evapotranspiración en la sequía no favorecen la producción de forraje, particularmente la última, pues el suelo somero del sitio experimental no almacena mucha humedad.

Los suelos son Ultisoles (Durustults) arcillo-limosos, ácidos, y con bajas concentraciones de P (3.5 ppm por Bray y 2.0 ppm por Olsen), S, Ca y K, así como baja capacidad de intercambio catiónico (10.5 meq/100 g), la saturación de aluminio no alcanza niveles tóxicos para las plantas<sup>(6,7)</sup>. Existe una capa impermeable entre 0 y 25 cm de profundidad, que causa drenaje inadecuado en lluvias e invierno. En 1998, muestras de la área experimental, indicaron que el carbono (C) disminuyó de  $1.02 \pm 0.44$  % en 0 a 15 cm a  $0.78 \pm 0.15$  % en 15 a 30 cm, sucediendo lo mismo con el nitrógeno (N), con  $0.13 \pm 0.06$  y  $0.10 \pm 0.04$  %.

Se establecieron dos tratamientos: gramas nativas (GN) y GN en el cual se sembró vegetativamente

The study was done at the Center for Teaching, Research and Extension Center in Tropical Animal Husbandry (Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical - CEIEGT) of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechny (FMVZ) of the Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). The CEIEGT is located on the Gulf of Mexico coastal plain, 40 km west of the coast (20° 02' N, 97° 06' W) at 112 m above sea level. Climate (1980-2000) is hot and humid with rains year round, and an average annual rainfall of  $1931 \pm 334$  mm. Mean monthly rainfall is highly variable ( $161 \pm 132$  mm), but is generally sufficient for pasture growth as dry periods are occasional and short. Average daily temperature during the study was  $23.9 \pm 6.4$  °C, with average monthly maximums ( $29.2 \pm 3.3$  °C) and minimums ( $18.6 \pm 3.9$  °C) that are reasonably uniform from year to year. There are three seasons: rainy from July to October, with high rainfall and temperature; winter or “northwind” from November to February, with rain and lower temperatures; and dry from March to June. Low winter temperatures and high evapotranspiration during the dry season do not favor forage production, because the shallow soils of the experimental site do not store much moisture.

Soils in the experimental fields are acid, clay-silt Ultisols (Durustults) with low P (3.5 ppm by Bray, 2.0 ppm by Olsen), S, Ca and K concentrations, low cation exchange capacity (10.5 meq/100 g) and aluminum saturation levels not toxic to plants<sup>(6,7)</sup>. There is an impermeable soil layer from 0 to 25 cm depth that causes inadequate drainage during the rainy season and winter. Soil samples taken in the experimental area in 1998 showed that C content decreased from  $1.02 \pm 0.44$  % at 0 to 15 cm, to  $0.78 \pm 0.15$  % at 15 to 30 cm, and that N content also dropped, from  $0.13 \pm 0.06$  at 0 to 15 cm, to  $0.10 \pm 0.04$  % at 15 to 30 cm.

Two treatments were applied, a native grass pasture (NG) and a NG in which *A. pintoii* CIAT 17434 (NG+Ap) was introduced using vegetative stolons planted in 1 m spaced rows, and 0.5 m between hills. The first field (F1) with the NG+Ap association was planted between August and November 1996, was lightly to intermittently grazed

*A. pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap) a 1.0 m entre surcos y 0.5 m entre plantas. El primer campo (C1) de la asociación se estableció entre agosto y noviembre de 1996, el cual se pastó ligera e intermitentemente entre mayo y agosto de 1997 y a partir de entonces, se ha pastado sin interrupción. El campo 2 (C2) se estableció en noviembre de 1998, y sólo se excluyó del pastoreo por 30 días posteriores a la siembra de la leguminosa. En ambos casos, los estolones se plantaron sin preparación del terreno y sólo en C1 se aplicó glifosato para reducir la competencia a la leguminosa recién plantada.

Cada campo contó con siete divisiones permanentes de 22 m de ancho por 165 m de largo, que a su vez se subdividieron temporalmente en tres secciones de 22 m por 55 m (21 secciones en total), para efectuar el pastoreo rotacional de un día de apacentamiento y 20 de recuperación. La carga animal (CA) fue de 2 vacas/ha durante el periodo de baja producción de forraje y 3.2 vacas/ha el resto del año. La CA se redujo cuando la materia seca presente antes del pastoreo disminuyó a menos de 2,500 kg/ha en cualquier sección muestreada.

En abril de 1999 y septiembre de 2000 se establecieron siete transectos, uno por división, colocados al centro de la misma y a todo lo largo de ésta, y en cada uno de éstos se tomaron seis muestras de suelo a distancias iguales. En total se obtuvieron 336 muestras de suelo que se analizaron para las variables descritas a continuación.

Para estimar la densidad aparente (DA, g/cm<sup>3</sup>), en el suelo desnudo se introdujo un cilindro metálico (50 mm de diámetro interno y 50 mm de altura); se recuperó el cilindro con suelo y se secó a 65 °C hasta peso constante<sup>(8)</sup>. Las demás muestras se secaron a temperatura ambiente, las raíces y otro material orgánico se eliminaron y se molieron para pasar una criba de 2 mm. El pH se midió con un potenciómetro, en suelo (dos partes) suspendido en agua destilada (una parte). El carbón orgánico (C, %) se analizó de acuerdo a Walkley y Black<sup>(9)</sup>. La materia orgánica (MO, %) se calculó suponiendo un contenido de 58 % de C en la MO<sup>(8)</sup>. El C total

between May and August 1997 and has been grazed rotationally ever since. The second field (F2) was planted in November 1998; it was not grazed for 30 d after planting the legume and it has been rotationally grazed to the present day. In both cases, stolons were planted in unprepared soil and glyphosate was applied only in F1 to reduce competition for the recently planted legume.

Each field was divided into seven permanent sections measuring 22 m wide by 165 m long. These were then temporarily subdivided into three paddocks of 22 m by 55 m (21 paddocks per field), to allow a rotation grazing of 1 d of grazing and 20 d of recovery. Stocking rate (SR) was 2 cows/ha during the low forage production period and 3.2 cows/ha during the rest of the year. The SR was reduced when standing dry matter before grazing was less than 2,500 kg/ha in any paddock.

Soil samples were taken in April 1999 and September 2000 in transects located along the center and the entire length of each of the seven divisions. Six soil samples were taken along each transect at even intervals, for a total of 336 soil samples. Samples were analyzed for the variables described below.

To estimate apparent density (AD, g/cm<sup>3</sup>), a metal cylinder (50 mm long, 50 mm internal diameter) was inserted into the bare soil to collect a soil sample, which was dried at 65 °C until constant weight was reached<sup>(8)</sup>. Samples for other variables were dried at room temperature, cleaned of all roots and other organic matter and then ground until they passed through a 2 mm mesh. A potentiometer was used to measure pH in a soil: distilled water (2:1) suspension. Organic carbon (C) was analyzed according to Walkley and Black<sup>(9)</sup>, and organic matter (OM, %) was calculated assuming a 58% C content in the OM<sup>(8)</sup>. Total C for the 0-20 cm soil layer was calculated using  $C_t = V_s \times DA \times C/100$ , where:  $V_s$  is volume in 1 ha at 20 cm depth, AD is apparent density (kg/m<sup>3</sup>) and C is as defined above. It was assumed that AD in the 0-5 cm layer was representative of the entire 0-20 cm layer. Nitrogen (N, %) was estimated with the Kjeldahl technique calculating



(Ct, kg/ha) para la capa de 0 a 20 cm se calculó con la ecuación:  $Ct = V_s \times DA \times C/100$ , donde:  $V_s$  es el volumen en 1 ha a 20 cm de profundidad, DA es la densidad aparente ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), y C ya fue definida. Se supuso que la DA de la capa 0 a 5 cm era representativa de la de 0 a 20 cm. El nitrógeno (N, %) se estimó con la técnica de Kjeldahl, calculando el N total (Nt, kg/ha) de manera similar a Ct, sustituyendo C por N.

Cada tres meses, se evaluó en el campo 1 la contribución de *A. pintoii* a la composición botánica, en dos secciones de cada una de tres divisiones seleccionadas para muestrear, por ser, visualmente, las más representativas del terreno. Las secciones b1, d1 y f1 tuvieron un contenido mayor de *A. pintoii*, en comparación con las otras tres (b3, d3 y f3), denominándoseles como altas y bajas en leguminosa, respectivamente.

Se consideró a la división como la unidad experimental, por lo cual se omitió la variación entre puntos de muestreo dentro del transecto. El análisis de varianza se efectuó por separado para C1 y C2. El modelo lineal aditivo utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = M + T_j + D_i(T_j) + A_k + (T \times A)_{jk} + E_{ijk}$$

Donde:  $Y_{ijk}$  es la variable de respuesta, registrada en el transecto correspondiente a la  $i$ -ésima división, dentro del  $j$ -ésimo tratamiento, en el  $k$ -ésimo año; M es la media general común a todas las observaciones;  $T_j$  es el efecto del  $j$ -ésimo tratamiento ( $j$ : GN y GN+Ap);  $D_i(T_j)$  es la variación entre divisiones dentro del  $j$ -ésimo tratamiento, usada como error para probar el efecto del tratamiento;  $A_k$  es el efecto del  $k$ -ésimo año ( $k$ : 1999 y 2000);  $(T \times A)_{jk}$  es el efecto combinado, o interacción, del tratamiento por el año; y,  $E_{ijk}$  es la variación residual, utilizada como error para probar los efectos de año e interacción. Debido a que las muestras se tomaron en distinta época cada año, se decidió omitir de la presentación de resultados las medias anuales, para concentrarse en las de tratamientos.

La interacción T x A no afectó ( $P > 0.05$ ) a ninguna variable de respuesta, por lo que los efectos principales de T y A fueron independientes. En el

total N (Nt, kg/ha) similar to Ct by substituting C for N.

Field 1 was evaluated every three months to determine the contribution of *A. pintoii* to botanical composition. Samples for this analysis were taken from two paddocks each within the three divisions chosen visually as the most representative of the land. Sections b1, d1 and f1 had higher *A. pintoii* content compared to the other three (i.e. b3, d3 and f3), and were consequently classified as having high and low legume content, respectively

The division was used as the experimental unit and thus variation between sampling sites within a transect was not considered. Variance analysis was done separately for F1 and F2. The resulting linear model was:

$$Y_{ijk} = M + T_j + D_i(T_j) + A_k + (T \times A)_{jk} + E_{ijk}$$

Where:  $Y_{ijk}$  is the response variable, recorded in the transect corresponding to division  $i$ , in treatment  $j$ , in year  $k$ ; M is the general mean, common to all observations;  $T_j$  is the effect of treatment  $j$  ( $j$ : NG and NG+Ap);  $D_i(T_j)$  is the variation between divisions within treatment  $j$ , used as an error to test the treatment effect;  $A_k$  is the effect of year  $k$  ( $k$ : 1999 y 2000);  $(T \times A)_{jk}$  is the combined effect, or interaction, of treatment by year; and,  $E_{ijk}$  is residual variation, used as an error to test the effect of the year and interaction. The annual means were not included because the samples were taken in different seasons each year, and to concentrate on the effects of treatments.

The T x A interaction did not affect ( $P > 0.05$ ) any response variable, meaning the effects of T and A were independent. The effect of T on pH and AD in F1 was not significant, was just 6 thousandths of a point from significance on the C:N ratio ( $P = 0.0563$ ) and was significant for all other variables ( $P < 0.05$ ). In contrast, T had no effect on any variable in F2 (Table 1). The difference between fields in the effect of treatment can be explained by the different times the legume had been growing in each field, meaning this legume needs a medium to long term to start manifesting its beneficial effects on the soil.

C1, el efecto del T no fue significativo sobre pH y DA, y estuvo a sólo 6 milésimas de ser significativo sobre C:N ( $P=0.0563$ ), y fue significativo ( $P<0.05$ ) sobre las demás variables; en tanto que en el C2, el T no afectó ninguna variable (Cuadro 1), lo cual se explica por el hecho del distinto tiempo de establecimiento de cada campo, lo que indicó que la leguminosa necesita de un mediano plazo para empezar a mostrar sus efectos benéficos sobre el suelo.

La contribución de *A. pintoi* a la composición botánica, aumentó linealmente en las secciones con alto y bajo contenido inicial de la leguminosa. El incremento en las primeras fue de 13.3 unidades porcentuales por año; y en las segundas, el valor fue de 7.8 (Figura 1). La contribución respectiva de la leguminosa, al muestrear el suelo, indicó una leve relación con los contenidos respectivos de carbono y nitrógeno; aunque la alta variación no permitió encontrar asociaciones significativas (Cuadro 2).

Un aspecto importante de la productividad en pasturas tropicales es mantener o incrementar el inventario de C y N del suelo, en respuesta a aumentos en biomasa, inducidos por la fijación biológica de  $N_2$ , lo que lleva implícito el secuestro a largo plazo de  $CO_2$ , así como aumento en la fertilidad del suelo. Sin embargo, también hay efectos negativos de la fijación biológica de nitrógeno, como es la acidificación de los suelos, que sólo se manifiestan a largo plazo<sup>(10)</sup>.

Las leguminosas reducen la compactación del suelo, que resulta de incrementar la carga animal<sup>(11)</sup>, pero en el presente estudio, a tres años y medio de su establecimiento, no hubo ningún efecto de *A. pintoi* sobre la compactación. En Costa Rica, Ibrahim<sup>(5)</sup> encontró que al aumentar la carga animal de 2 a 3 UA/ha en una asociación de *Brachiaria* spp/*A. pintoi*, la DA sólo se incrementó ligeramente de 0.76 a 0.85 g/cm<sup>3</sup>, en la capa de 0 a 5 cm del suelo.

Se ha encontrado<sup>(12,13)</sup> que *A. pintoi* CIAT 17434 derivó entre 65 y 85 % de su N a partir de la fijación, indicando acumulación de N en el suelo,

Cuadro 1. Efecto de la pastura sobre las variables del suelo en los dos sitios de siembra (media ± error estándar)

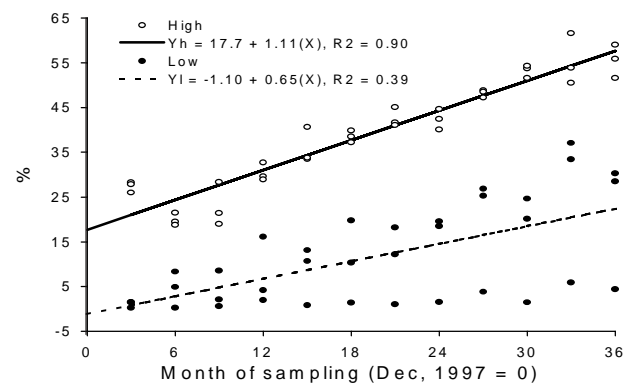
Table 1. Effect of pasture on soil variables in the two experimental fields (mean ± standard error)

Response variable	Pasture	
	NG	NG+Ap
----- Field 1 -----		
pH	5.12±0.05 <sup>a</sup>	5.17±0.04 <sup>a</sup>
Apparent density, g/cm <sup>3</sup>	1.22±0.02 <sup>a</sup>	1.24±0.02 <sup>a</sup>
Organic matter, %	2.27±0.10 <sup>a</sup>	2.53±0.09 <sup>b</sup>
Organic carbon, %	1.32±0.06 <sup>a</sup>	1.47±0.05 <sup>b</sup>
Nitrogen, % x 10 <sup>-2</sup>	14.15±1.39 <sup>a</sup>	22.43±2.02 <sup>b</sup>
C:N ratio (without units)	12.40±1.38 <sup>a</sup>	9.46±1.11 <sup>a</sup>
Carbon in soil, kg/ha	31968±1285 <sup>a</sup>	36197±1144 <sup>b</sup>
Nitrogen in soil, kg/ha	3452±341 <sup>a</sup>	5610±526 <sup>b</sup>
----- Field 2 -----		
pH	5.03±0.04 <sup>a</sup>	5.12±0.05 <sup>a</sup>
Apparent density, g/cm <sup>3</sup>	1.17±0.03 <sup>a</sup>	1.21±0.02 <sup>a</sup>
Organic matter, %	2.61±0.12 <sup>a</sup>	2.67±0.15 <sup>a</sup>
Organic carbon, %	1.52±0.07 <sup>a</sup>	1.55±0.09 <sup>a</sup>
Nitrogen, % x 10 <sup>-2</sup>	10.45±1.35 <sup>a</sup>	11.99±1.27 <sup>a</sup>
C:N ratio (without units)	22.19±2.41 <sup>a</sup>	18.96±1.83 <sup>a</sup>
Carbon in soil (Ct, kg/ha)	35783±2179 <sup>a</sup>	37847±2493 <sup>a</sup>
Nitrogen in soil (Nt, kg/ha)	2420±298 <sup>a</sup>	2861±285 <sup>a</sup>

ab Means with different superscripts are different ( $P<0.05$ ).

Figura 1. Incremento en la contribución de *Arachis pintoi* a la composición botánica en el campo 1, en tres secciones con contenido inicial bajo y tres secciones con contenido inicial alto

Figure 1. Increase in the contribution of *Arachis pintoi* to botanical composition in Field 1 in three sections with initially low content and three sections with initially high content



Cuadro 2. Contribución de *Arachis pintoii* a la composición botánica, y cantidades (kg/ha) de carbono orgánico y nitrógeno contenidas en el suelo a una profundidad de 0.2 m (media  $\pm$  error estándar;  $n = 6$ ).

Table 2. Contribution of *Arachis pintoii* to botanical composition, and amounts (kg/ha) of organic carbon and nitrogen in soil at 0.2 m depth (mean  $\pm$  standard error;  $n = 6$ )

Initial <i>Arachis pintoii</i> percentage	<i>A. pintoii</i> at soil sampling (%)	C at soil sampling(kg/ha)	N at soil sampling(kg/ha)
Low	17 $\pm$ 6.0 <sup>a</sup>	32,524 $\pm$ 10,871 <sup>a</sup>	4,929 $\pm$ 2,416 <sup>a</sup>
High	46 $\pm$ 4.5 <sup>b</sup>	43,420 $\pm$ 5,424 <sup>a</sup>	5,667 $\pm$ 2,474 <sup>a</sup>

<sup>ab</sup> Means with different superscripts are different ( $P < 0.05$ ).

que aumenta la probabilidad de lixiviación de  $\text{NO}_3$  y acidificación del suelo<sup>(10)</sup>. Sin embargo, en el presente experimento, la presencia de *A. pintoii* en el terreno, no ha sido lo suficientemente larga como para influir sobre el pH.

Valles<sup>(13)</sup> hizo un muestreo del perfil del suelo en ambos tratamientos hasta 1 m de profundidad en el C1, cuando *A. pintoii* tenía un año de establecido, y no detectó diferencias en pH de los perfiles. Sin embargo, en las gramas nativas asociadas por cinco años con la leguminosa, el pH fue significativamente ( $P < 0.05$ ) menor a todas las profundidades que el de gramas sin leguminosa. Los valores respectivos de pH para las primeras, a profundidades de 0-5, 5-15 y 15-30 cm, fueron de 5.05, 5.07 y 5.52; y en las segundas fueron 5.66, 5.44 y 5.72. Esto sugiere que existe el riesgo de un decremento futuro del pH del suelo en la asociación *A. pintoii*/gramas nativas.

La continua adición de raíces y hojarasca, junto a una deficiencia crónica de N, son los factores responsables de que la MO se acumule en el suelo del agroecosistema de pastura<sup>(14)</sup>.

Se calculó un valor inicial (1998) de Ct para ambos tratamientos de 24.7 t/ha; y por regresión lineal, un incremento anual promedio hasta el año 2,000, de 3.7 y 4.8 t/ha/año para GN y GN+Ap, respectivamente, lo cual fue un aumento diferencial aceptable. Esto concuerda con las observaciones de Fisher *et al.*<sup>(15)</sup> en la sabana colombiana, y de Ibrahim en el trópico húmedo costarricense<sup>(5)</sup>.

La relación C:N es un indicador de la calidad del suelo, señalándose como ideal un valor de 10:1, o

fertility. There are also negative effects to biological fixation of N, such as soil acidification, that are only apparent over the long term<sup>(10)</sup>.

Legumes are reported to reduce soil compaction from increased stocking rates<sup>(11)</sup>, though *A. pintoii* had no effect on compaction during the present three-and-half year period of study. In Costa Rica, Ibrahim<sup>(5)</sup> found that an increase in stocking rate from 2 to 3 AU/ha in a *Brachiaria* spp/*A. pintoii* association only slightly increased AD from 0.76 to 0.85 g/cm<sup>3</sup> in the 0-5 cm layer.

Previous research<sup>(12,13)</sup> indicates that *A. pintoii* CIAT 17434 derives from 65 to 85% of it N from fixation, suggesting N accumulation in the soil, probable  $\text{NO}_3$  lixiviation and soil acidification<sup>(10)</sup>. In the present study, however, *A. pintoii* had not been planted long enough to influence pH.

Valles<sup>(13)</sup> found no signs of difference in pH in samples of the soil profile to 1 m depth in both treatments in F1, one year after *A. pintoii* had been established. However, in native grasslands associated with this legume for five years pH was significantly ( $P < 0.05$ ) lower at all depths than in grasslands without it. The pH values for the NG+Ap were 5.05 (0-5 cm), 5.07 (5-15 cm) and 5.52 (15-30 cm), and for the NG they were 5.66 (0-5 cm), 5.44 (5-15 cm) and 5.72 (15-30 cm). This suggests the possibility of a decrease in pH over time in the soils with the *A. pintoii*/native grasslands association.

menos. En el C1, las GN superaron el valor ideal, pero el de la asociación fue ligeramente menor (Cuadro 1). Por el contrario, en el C2, ambos tratamientos mostraron valores muy superiores al ideal. Tal diferencia debe obedecer al tiempo distinto de establecimiento de la leguminosa en ambos campos. En Costa Rica<sup>(5)</sup>, se encontró que la relación C:N del suelo de una asociación de *Brachiaria spp/A. pintoii* fue de 12.5:1, comparable a los del tratamiento testigo del C1 del presente estudio, pero inferior a los datos reportados por el C2. Esto sugiere que la leguminosa, además de mantenerse productiva en la asociación, necesita tiempo suficiente para mejorar la relación C:N del suelo.

Se concluyó que a tres años y medio de su introducción en pasturas de gramas nativas, *Arachis pintoii* CIAT 17434 indujo aumentos en los contenidos de carbono y nitrógeno del suelo, lo cual es indicativo de su habilidad para mejorar la fertilidad, y por ese medio, mantener la sustentabilidad de los sistemas ganaderos de doble propósito tropicales.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Sistema de Investigación del Golfo de México del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, haber otorgado parte del financiamiento para realizar el presente experimento, correspondiente al proyecto “Mejoramiento de un pastizal nativo con la leguminosa *Arachis pintoii* CIAT 17434 (clave 97-01-014-V)”.

## LITERATURA CITADA

1. Bosman HG, Castillo GE, Valles MB, De Lucía GR. Composición botánica y nodulación de leguminosas en las pasturas nativas de la planicie costera del Golfo de México. *Pasturas Tropicales* 1990;12(1):2-8.
2. Westerhof R, Vilela L, Ayarza MA, Zech W. Carbon Fractions as Sensitive Indicators of Quality of Soil Organic Matter. In: Thomas R, Ayarza MA editors. Sustainable land management for the oxisols of the Latin American Savannas - Dynamics of soil organic matter and indicators of soil quality. Cali, Colombia:

Accumulation of OM in the soil of pasture agroecosystems is due to continuous addition of roots and plant litter, coupled with a chronic N deficiency<sup>(14)</sup>.

The calculated initial (1998) Ct value for both treatments was 24.7 t/ha. Average annual Ct increase to the year 2000, by linear regression, was 3.7 t/ha/yr for NG and 4.8 t/ha/yr for NG+Ap, an acceptable differential increase. This coincides with observations reported by Fisher *et al.*<sup>(15)</sup> for the Colombian savannah and by Ibrahim<sup>(5)</sup> for the Costa Rican humid tropics.

The C:N ratio is a soil quality indicator with an ideal value of 10:1 or less. In F1, the NG was above the ideal value, and the NG+Ap was slightly below it (Table 1). In F2, both treatments were higher than the ideal ratio. This difference is likely due to the different amounts of time the legume had been established in the two fields. Data from Costa Rica<sup>(5)</sup> show a C:N ratio in a *Brachiaria spp/A. pintoii* association of 12.5:1, which is comparable to the present F1 control treatment but lower than the F2 results. This suggests that *A. pintoii* remains productive in this association and needs time to improve the soil C:N ratio.

In conclusion, introduction of *Arachis pintoii* CIAT 17434 to native grassland pastures resulted in increased C and N contents in the soil indicating that this legume can improve soil fertility and maintain sustainability in dual-purpose cattle systems of the tropics.

## ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks to the Sistema de Investigación del Golfo de México of the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología for partial financial support of this research through the project “Mejoramiento de un pastizal nativo con la leguminosa *Arachis pintoii* CIAT 17434 (key 97-01-014-V)”.

*End of english version*



## EFECTO *Arachis pinto* SOBRE VARIABLES DEL SUELO

- Centro Internacional de Agricultura Tropical; CIAT Publication No. 312;1999:131-140.
- González MS, Van Heurck LM, Romero F, Pezo DA, Argel PJ. Producción de leche en pasturas de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) solo y asociado con *Arachis pinto* o *Desmodium ovalifolium*. *Pasturas Tropicales* 1996;18(1):2-12.
  - Hernandez M, Argel PJ, Ibrahim MA, 't Manneje L. Pasture production, diet selection and liveweight gains of cattle grazing *Brachiaria brizantha* with or without *Arachis pinto* at two stocking rates in the Atlantic Zone of Costa Rica. *Tropical Grasslands* 1995;29(3):134-141.
  - Ibrahim MA. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures for sustainable animal production in the Atlantic Zone of Costa Rica [PhD Thesis]. Wageningen, The Netherlands; Wageningen Agricultural University; 1994.
  - Arscott TG. Los suelos del CIEEGT. Informe de Consultoría en Suelos al Proyecto: Investigación, Enseñanza y Extensión en Ganadería Tropical, FAO, Roma, Italia/CIEEGT, FMVZ, UNAM, Martínez de la Torre, Veracruz, México [Circulación interna]. 1978.
  - Toledo JM. Plan de Investigación en Leguminosas Tropicales para el CIEEGT, Martínez de la Torre, Veracruz, México. Informe de Consultoría en Pastos Tropicales al Proyecto: Enseñanza y Extensión para la Producción de Leche y Carne en el Trópico. FAO, Roma, Italia /CIEEGT, FMVZ, UNAM, Martínez de la Torre, Veracruz, México [Circulación interna]. 1986.
  - Anderson JM, Ingram JSI. Tropical soil biology and fertility: Handbook of methods, 2<sup>nd</sup> ed. Wallingford, UK: CAB International; 1993.
  - Walkley A, Black TA. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci* 1934;37(1):29-38.
  - Haynes RJ. Soil acidification induced by leguminous crops. *Grass Forage Sci* 1983;38(1):1-11.
  - Alegre JC, Lara PD. Efecto de los animales en pastoreo sobre las propiedades físicas de suelos de la región tropical húmeda del Perú. *Pasturas Tropicales* 1991;13(1):18-23.
  - Thomas RJ, Asakawa NM, Rondon MA, Alarcon HF. Nitrogen fixation by three tropical forage legumes in acid-soil savanna of Colombia. *Soil Biol Biochem* 1997;29(5-6):801-808.
  - Valles MB. Contribution of the forage legume *Arachis pinto* to soil fertility in a tropical pasture system in Veracruz, México [PhD Thesis]. London, UK: University of London; 2001.
  - Huntjes JLM, Albers RAJM. A model experiment to study the influence of living plants on the accumulation of soil organic matter in pastures. *Plant Soil* 1978;50():411-418.
  - Fisher MJ, Rao IM, Ayarza MA, Lascano CE Sanz JI, Thomas RJ, Vera RR. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature* 1994;(371):236-238.

