

Dinámica de población de plantas de *Arachis pinto* CIAT 17434, asociada a gramas nativas en pastoreo, en el trópico húmedo de México

Plant population dynamics of *Arachis pinto* CIAT 17434 associated to native grasses, under grazing, in the humid tropic of Mexico

Lidia Ascencio Rojas^a, Braulio Valles de la Mora^b, Epigmenio Castillo Gallegos^b, Jesús Jarillo Rodríguez^b

RESUMEN

Los objetivos fueron monitorear los recursos de sobrevivencia de *Arachis pinto* asociada a gramas nativas, en pastoreo. El experimento se realizó en el centro-norte del estado de Veracruz, México, en el periodo marzo 2001 a marzo 2002. Se emplearon 2.5 ha de la asociación, con una carga animal (U.A./ha) de 3.2 en lluvias y 2 el resto del año, con un día de pastoreo y 20 de recuperación. Se evaluó: floración, reserva de semilla en suelo, densidad de estolones y sobrevivencia de plantas y plántulas. Se realizaron análisis de varianza y procedimientos de regresión, con curvas que mejor describieron el comportamiento de los datos. Los resultados mostraron que, respecto a la floración mensual, en junio de 2001 se presentó el mayor valor (851 flores/m²), mientras que el valor mínimo fue en enero de 2002 (3 flores/m²). El rendimiento de semilla/ha, en tres cosechas realizadas fue de 1671, 1388 y 3029 kg/ha, respectivamente. La presencia de estolones/m² mostró al inicio del experimento un descenso, para luego repuntar a partir de septiembre de ese año, hasta marzo del siguiente. La mortandad de plántulas inicialmente emergidas fue mayor al 40 % en las primeras dos semanas. Se concluyó que la sequía y el invierno afectaron la floración; mientras que el pisoteo incrementó notablemente la mortalidad de las plantas; sin embargo, estos efectos fueron contrarrestados por la reserva de semillas en el suelo y la alta densidad de estolones.

PALABRAS CLAVE: Sobrevivencia de plantas, *Arachis pinto*, Pasturas tropicales, Semillas y estolones.

ABSTRACT

The objectives were to identify the survival resources of *Arachis pinto* associated to native grasses under grazing. The experiment was performed in the north-central region of Veracruz State, Mexico, from March 2001 to March 2002. Two and a half ha of an associated pasture were used, with a stocking rate (animal units/ha) of 3.2 in the rainy season and two for the remaining of the year, with one day of grazing and 20 d of resting. Flowering, soil seed reserve, stolon density, and plant and seedling survival were evaluated. Analyses of variance and regression procedures were performed as well as the fitting of curves that best described data behavior. June 2001 showed the highest flowering value (851 flowers/m²), while the minimal value occurred on January 2002 (3 flowers/m²). Soil seed reserves on three assessments were of 1,671, 1,388 and 3,029 kg/ha, respectively. Stolon density (stolons/m²) showed an initial downward trend, followed by an increase from September 2001 to March 2002. Mortality of seedlings was higher (more than 40 %) during the first two weeks. It can be concluded that drought and winter affected flowering; while trampling increased plant mortality; however, these effects were counteracted by seed soil reserve and high stolon density.

KEY WORDS: Plant survival, *Arachis pinto*, Tropical pastures, Seeds and stolons.

Arachis pinto (maní o cacahuate forrajero perenne) es una leguminosa originaria del Brasil⁽¹⁾ adaptada

Arachis pinto (perennial forage peanuts, Pinto's peanuts) is a creeping legume from Brazil⁽¹⁾ adapted

Recibido el 2 de abril de 2004 y aceptado para su publicación el 10 de marzo de 2005.

^a Benemerita Universidad Autónoma de Puebla, Escuela de Ingeniería Agronómica Zootecnista, Tlatlauquitepec, Pue.

^b Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT), FMVZ-UNAM. Tlapacoyan, Veracruz. Tels. (232) 32 43941 al 43. braulio_36@hotmail.com. Correspondencia al segundo autor.

a suelos ácidos de baja fertilidad; herbácea, perenne, de crecimiento rastrero y estolonífero, de raíz pivotante y flor de color amarillo. Es geocárpica, con vainas de una sola semilla que se forma al final del ginóforo⁽²⁾.

La accesión CIAT 17434 se ha adaptado bien a la región centro-norte del estado de Veracruz, México^(3,4) y posee una alta capacidad para persistir en pastoreo⁽⁵⁾ y como cobertura vegetal en cultivos perennes⁽⁶⁾. Sin embargo, esta accesión es lenta para propagarse y cubrir el terreno, lo cual limita su adopción por usuarios potenciales. Igualmente, se desconocen para algunas regiones, aspectos relacionados con la supervivencia de las plantas en pastoreo, al asociarla con pasturas nativas (*Paspalum* spp, *Axonopus* spp, *Cynodon* sp). Lo anterior es relevante para el trópico húmedo de México, dado que tales pasturas son el recurso forrajero más abundante.

Los estudios a largo plazo de la persistencia de plantas en pastoreo son escasos⁽⁷⁾, aún cuando esta información es indispensable para predecir los efectos del manejo. *Arachis pintoii* se regenera vía semillas, rizomas y estolones; y es persistente, aún con un manejo inadecuado⁽⁸⁾; sin embargo, se requiere cuantificar algunos de los recursos de supervivencia de la leguminosa asociada a pasturas nativas y en pastoreo.

En zonas cálidas y subhúmedas de Veracruz (26°C de temperatura y 1,000 mm anuales de lluvia), *Arachis pintoii* florece todo el año, excepto en los meses más fríos, con producción de semilla en un rango de 979 a 1,633 kg/ha⁽⁹⁾. En Colombia (región de los Llanos Orientales) la evaluación de 11 ecotipos de *Arachis pintoii* mostró, a 120 días post-siembra, un rango de cobertura de 35 a 88 %, con una longitud de estolones que varió de 33 a 72 cm; en tanto que la floración, a 180 días fue de 25 a 38 flores/m²⁽¹⁰⁾; pero en una zona más húmeda, 39 accesiones de la leguminosa presentaron un rango de floración de 0 a 84 flores/m²⁽¹¹⁾. En la Amazonía Oriental del Brasil el rango de floración fue más amplio: 1 a 59 flores/m²⁽¹²⁾. Un estudio de persistencia del género *Arachis* (*glabrata* y *pintoii*) realizado en Australia, mostró que *A. pintoii* produjo

to low fertility acid soils; herbaceous, with pivoting roots, yellow flowers and stolons. As all peanuts, it is geocarpic, presenting pods with only one seed which is formed at the end of the gynophore⁽²⁾.

CIAT's accession 17434 has adapted well to north central Veracruz in Mexico^(3,4), showing good persistence rates under grazing⁽⁵⁾ and can be used as ground cover in orchards⁽⁶⁾. However, this accession is slow to propagate and to cover ground, which limits its adoption by farmers. Also, its survival under grazing when in association with native grasses (*Paspalum* spp., *Axonopus* spp. *Cynodon* spp.) in several regions is unknown. This fact is important for Mexico's humid tropics, as those pastures are the most abundant forage resources.

Long range studies on plant persistence under grazing are scarce⁽⁷⁾, even though this data necessary to predict effects due to pasture management. Pinto's peanuts can regenerate through seeding, rhizomes and stolons and shows high persistence, even under inadequate management⁽⁸⁾; however, some survival resources of this legume when associated to native grasses need to be measured.

In the hot and sub humid areas of the State of Veracruz (26 °C average temperature and 1,000 mm annual rainfall), *A. pintoii* flowers all year round, excepting the colder months, and produces between 979 and 1,633 kg ha⁻¹ seed⁽⁹⁾. In Colombia, in the Eastern Llanos area, an assessment of 11 ecotypes showed 120 after planting 35 to 88 % ground cover and stolon length between 33 and 72 cm, while flowering was 25 to 38 flowers m⁻²⁽¹⁰⁾. In a more humid area, 39 accesions of this legume showed a 0 to 84 flowers m⁻² range⁽¹¹⁾. In the Eastern Amazon basin in Brazil, the flowering range was wider, 1 to 59 m⁻²⁽¹²⁾. A study on persistence of the genera *Arachis* (*glabrata* and *pintoii*) carried out in Australia showed that *Arachis pintoii* produced high dry matter yields in the first three years which declined rapidly jointly with ground cover and propagation⁽¹³⁾.

In Costa Rica⁽¹⁴⁾, this issue was taken up with CIAT 17434, but its results were from a location

altos rendimientos de materia seca en los primeros tres años, para luego disminuir notablemente, junto con el área cubierta y su propagación en el campo⁽¹³⁾.

En Costa Rica⁽¹⁴⁾, se abordó este tema con la accesión CIAT 17434, pero sus resultados se originaron de un sitio con suelos muy fértiles (>10% de materia orgánica) y profundos (>3 m), con abundante precipitación (>3000 mm/año), alta carga animal, con rotación lenta y ganado de carne. En contraste, en el CEIEGT los suelos no son fértiles, la precipitación es menor, carga animal moderada, rotación rápida y ganado de doble propósito.

La información relevante de que se dispone, proviene de otras latitudes, por lo cual se justifica el estudio de la demografía de plantas de *A. pintoi* en las condiciones edafoclimáticas y de manejo de esta región. Los objetivos de este estudio fueron monitorear los recursos y grado de sobrevivencia de las plantas de *Arachis pintoi*, asociada a gramas nativas, en pastoreo rotacional intensivo.

El trabajo se realizó durante 13 meses (marzo 2001 - marzo 2002) en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, localizado en el municipio de Tlapacoyan, Ver., a 112 msnm. El clima es cálido húmedo, con lluvias todo el año, sin estación seca definida (Af(m)-(e))⁽¹⁵⁾, con temperatura promedio de $23.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ y 1991 ± 392 mm de precipitación media anual, con un coeficiente de variación para la precipitación mensual de 50 %, lo que indica poca confiabilidad en la ocurrencia de lluvia. Existen tres épocas climáticas: la de lluvias con precipitación alta y altas temperaturas (julio a octubre), la de nortes con baja precipitación y temperaturas bajas (noviembre a febrero), y la época de secas con escasa precipitación y altas temperaturas (marzo a junio). La Figura 1 presenta las temperaturas y la precipitación durante el estudio. Los suelos en el sitio experimental son Ultisoles, con pH de 5.4, arcillo-limosos (27 a 30 % de arcilla; 31 a 33 % de limo, en los primeros 30 cm), profundidad mayor

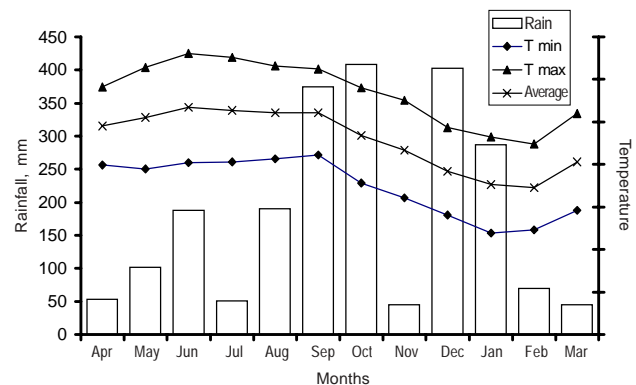
with very deep (> 3m) fertile soils (> 10 % organic matter) and high rainfall (> 3,000 mm), high stocking rate, low rotation and beef cattle. On the other hand, in CEIEGT soils are unfertile, rainfall is lower, the stocking rate is moderate and dual purpose cattle were used.

Available relevant data belongs to other latitudes, and this fact justifies a study of *A. pintoi*'s plant demography in this region taking into account ecophysical characteristics and management. The objectives of the present study were monitoring resources and survival rate of *Arachis pintoi*, associated to native grasses in an intensive rotational grazing system.

The experiment was carried out during 13 months (March 2001 - March 2002) at the Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) of the Facultad de Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de México (UNAM) in the Municipality of Tlapacoyan, State of Veracruz, at 112 m above sea level. Climate is characterized as hot and humid, without a dry season (Af(m)-(e))⁽¹⁵⁾, $23 \pm 0.5^\circ\text{C}$ average annual temperature and $1,991 \pm 392$ mm annual average rainfall, showing a coefficient of variation of 50% for monthly rainfall, which indicates a low reliability. Three different periods can be observed:

Figura 1. Precipitación y temperaturas presentadas durante el periodo abril 2001 - marzo 2002

Figure 1. Rainfall and temperatures during April 2001-March 2002



a 40 cm y densidad aparente (g/cm^3) en rango de 1.14 a 1.25⁽¹⁶⁾; con saturación de aluminio baja y creciente de 10.5 a 31.3 % de los 0 a 40 cm de profundidad. Los niveles de P, S, Ca y K son bajos (< 3 ppm, < 30 ppm, 3 meq/100 g, 0.2 Meq/100, respectivamente) y 3 % de materia orgánica con los 10 primeros centímetros⁽¹⁷⁾.

Las pasturas ya establecidas, constituían una asociación de *A. pintoii* con grama nativa, y los principales componentes botánicos de esta última comprendían los géneros de *Paspalum* spp, *Axonopus* spp y *Cynodon* sp. La proporción de *Arachis pintoii* y los géneros mencionados dentro de la asociación no fue estimada en este experimento, pero evaluaciones realizadas en el año 2000 indicaron una proporción de 36.6 ± 3.9 % y 54.7 ± 2.6 % para la leguminosa introducida y pastos nativos, respectivamente. El resto del área estuvo ocupada por malezas de hoja ancha (12.2 ± 1.0 %), angosta (4.8 ± 0.6 %) y leguminosas nativas (3.0 ± 0.4)⁽¹⁶⁾.

El sitio experimental ocupó una superficie de 2.5 ha, dividido en siete secciones de 3,571 m^2 cada una, en las que se realizó el pastoreo rotacional intensivo de un día de pastoreo y 20 de recuperación. La carga animal (expresada en unidades animal, UA) fue de 3.2 UA/ha durante el periodo lluvioso (julio a diciembre) y 2 UA/ha el resto del año.

Previo al establecimiento de *A. pintoii*, se permitió al hato pastar a fondo la grama nativa. Posteriormente, la leguminosa se plantó en líneas marcadas con cultivadora, separadas entre sí a 1 m. El material vegetativo de *A. pintoii* provino de tallos seleccionados y cortados en secciones de 25 a 30 cm, plantándose tres de ellos en cepas abiertas cada 50 cm de distancia y 15 cm de profundidad, dejando en el exterior 1/3 de la longitud de cada tallo, y el resto fue cubierto con tierra de la misma cepa. El primer pastoreo ocurrió en mayo de 1997⁽¹⁸⁾ y a partir de entonces se ha pastoreado sin interrupción.

Las determinaciones en campo se efectuaron de acuerdo a los métodos descritos por Ibrahim⁽¹⁴⁾ considerándose las siguientes variables:

i) high rainfall and temperature (July – October), ii) low temperature and rainfall (November – February) and iii) low rainfall and high temperature (March – June). Figure 1 shows temperatures and rainfall recorded in the experimental period. Soil at the experiment site can be characterized as Ultisols, pH 5.4, clay – lime (27 to 30 % clay, 31 to 33 % lime, in the first 30 cm), more than 40 cm deep and with 1.14 to 1.25 g cm^{-3} apparent density⁽¹⁶⁾, showing low aluminum saturation and increasing from 10.5 to 31.3 % from 0 to 40 cm depth. P, S, Ca and K levels are low (< 3 ppm, < 30 ppm, 3 Meq 100 g^{-1} , 0.2 Meq 100 g^{-1} , respectively), with a 3 % organic matter content in the first 10 cm⁽¹⁷⁾.

Pastures already established were made up by an association between *A. pintoii* with native grasses (mainly *Paspalum* spp., *Axonopus* spp and *Cynodon* spp). The proportion of *A. pintoii* and the different grasses was not estimated in this study but an assessment performed in 2000 showed 36.6 ± 3.9 and 54.7 ± 2.6 % for *A. pintoii* and native grasses, respectively. The remainder was occupied by broad leaf weeds (12.2 ± 1.0 %), narrow leaf weeds (4.8 ± 0.6 %) and native legumes (3.0 ± 0.4 %)⁽¹⁶⁾.

The experimental site totaled 2.5 ha, divided in seven sections of 3,571 m^2 each one, and was grazed with an intensive rotational grazing pattern of one day grazing and 20 d of resting. The stocking rate was 3.2 AU ha^{-1} in the rainy season (July to December) and 2 AU ha^{-1} the remaining months.

Previous to the establishment with *A. pintoii*, native grasses were grazed to the ground. The legume was planted in furrows at 1 m distance. Plant material came from selected stems and cut in 25 to 30 cm segment, and three of these were planted together in open furrows at 50 cm between them at a 15 cm depth, leaving 8 to 10 cm above the ground and the remainder covered with soil. The plot was grazed in May 1997 for the first time⁽¹⁸⁾ and has been grazed uninterruptedly since then.

Field assessments were carried out in accordance with methods described by Ibrahim⁽¹⁴⁾ taking into account the following variables:

Floración. Se estimó mensualmente (13 muestreos) en 50 cuadrantes de 0.0625 m² (0.25 x 0.25 m) por toda el área, localizados sistemáticamente en zigzag a lo largo de cada sección, con una distancia aproximada entre ellos de 25 m, donde se contó el número de flores presentes por cuadrante⁽¹⁴⁾, expresada como flores/ha.

Reserva de semilla en el suelo. Se evaluó cada seis meses, por tres ocasiones: en marzo y septiembre 2001 y marzo 2002. En cada ocasión se tomaron 50 muestras (siete muestras en seis secciones, y ocho en la séptima sección) de suelo de forma cilíndrica (7.7 cm y 25 cm de diámetro y profundidad, respectivamente), de las que se recuperó la semilla mediante lavado con agua y cribado, contando y pesando la vaina con semilla⁽¹⁹⁾. Con esa información se calculó la reserva de semilla, expresada como kg de semilla/ha y número de semillas/ha.

Densidad de estolones y puntos de crecimiento. Esta se midió en 50 cuadrantes de 0.0625 m² (0.25 x 0.25 m). Se cortaron los estolones localizados en cada cuadrante, y se les midió cada dos meses la longitud total expresada en m/m², así como el número de puntos de crecimiento (donde se originan una o más raíces, independientemente del tamaño), que se expresó en puntos/m²⁽¹⁴⁾. Se realizaron siete mediciones, iniciando en marzo 2001 y finalizando en marzo 2002.

Sobrevivencia de plántulas. Con el fin de obtener una estimación de la sobrevivencia de plántulas, se usó la técnica propuesta (modificada) por Jones y Bunch⁽²⁰⁾. En junio de 2001, se marcaron, con alambre forrado de plástico de color, 120 plántulas recién emergidas, en las cuales se registró, por observación directa, su sobrevivencia. Estas observaciones se realizaron cada siete días durante el primer mes, cada 14 días durante el segundo mes, alargando sucesivamente la frecuencia de observaciones hasta finalizarlas en noviembre del mismo año. La sobrevivencia de plántulas se expresó en porcentaje.

Los datos colectados para *floración*, *densidad de estolones* y *puntos de crecimiento* se sujetaron a

Flowering. Was estimated monthly (13 samplings) in 50 squares of 0.0625 m² (0.25 x 0.25 m) each distributed in the whole area, in a zigzag pattern at approximately 25 m distance. Flowers in each square were counted and expressed as flowers ha⁻¹.

Soil seed reserve. This item was evaluated three times (March and September 2001 and March 2002) at 6 mo interval. Each time 50 soil samples of 7.7 cm diameter and 25 cm depth were taken (seven samples from six sections and 8 from the seventh section). Seeds were recovered by lixiviation with water and crib, and fertile pods were counted and weighted⁽¹⁹⁾. With this data soil seed reserve in kg ha⁻¹ and seeds ha⁻¹ were estimated.

Stolon density and growth points. These items were measured in 50 squares of 0.0625 m² (0.25 x 0.25 m). Stolons found in them were cut and measured every two months. Length was expressed in m/mm², and growth points (where roots originate) counted and expressed as points/m²⁽¹⁴⁾. Seven measurements were performed between March 2001 and March 2002.

Seedling survival. This item was estimated through a technique proposed (modified) by Jones and Bunch⁽²⁰⁾. In June 2001, 120 plantlets were identified with a plastic coated wire whose survival was recorded through direct observation each week in the first month and each fortnight in the second month; this timeframe was lengthened till observations were finished in November 2001. Plant survival was expressed as a percentage.

Data collected for *flowering*, *stolon density*, and *growth points* were subjected to one-way, no block variance tests (ANOVA) treatments, being the sampling months and replications, 50 squares per sample, using the Genstat 5 software⁽²¹⁾. For *seed reserve* (kg ha⁻¹), ANOVA's main effects were paddock section (7), sampling date (3) and their interaction, being replications samples collected in each section (7 in 6 sections and 8 in one section for a total of 50). In all cases, means were compared with the least-significant difference test, $P \pm 0.001$ ⁽²²⁾.

Data for flowering and plant survival were adjusted to non-linear regression models which best described

análisis de varianza (ANOVA) de una vía, sin bloquear, siendo los meses de muestreo los tratamientos, y las repeticiones los 50 cuadrantes por muestreo, usando el paquete estadístico Genstat 5(21). En *reserva de semillas* (kg/ha) el ANOVA consideró los efectos principales de sección de potrero (7), fecha de muestreo (3) y su interacción, siendo las repeticiones las muestras cosechadas por sección (7 muestras en 6 secciones y 8 en una para hacer un total de 50). En todos los casos, las medias se compararon con la prueba de diferencia mínima significativa $P < 0.001$ (22).

Los datos de *floración* y *sobrevivencia de plántulas* se ajustaron a modelos de regresión no-lineal que mejor describieron la tendencia de los datos en el tiempo. Para el primer caso se aplicó la ecuación de campana de Gauss $Y = y_0 + ae^{-0.5(x-x_0/b)^2}$; donde “Y” es la variable de respuesta (distribución de floración) en el tiempo; y_0 es el valor base (colas izquierda y derecha de la campana), y “ae” es el valor máximo o cúspide (pico). La fracción exponencial $\{-0.5(x-x_0/b)^2\}$ corresponde a los valores que dan a la curva su forma de “campana”. Para el caso de *sobrevivencia* se empleó la ecuación exponencial de decaimiento: $Y = Ae^{-bx}$, donde “Y” es el porcentaje de sobrevivencia al tiempo “x” en días. “Ae” es la sobrevivencia inicial y “b” es la tasa de desaparición de plantas. Para estimar la vida media de las plántulas, se empleó la ecuación $\ln(0.5) = \ln(e^{-bt})$ substituyendo el valor de “b” obtenido en la ecuación de decaimiento.

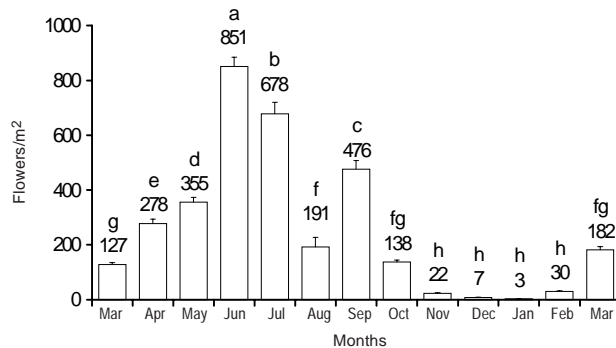
Floración. En la Figura 2 se observa que la presencia de flores mostró una tendencia ascendente desde el inicio de las observaciones (marzo 2001) hasta junio del mismo año. Posteriormente se presentó una declinación que continuó hasta el final del experimento. En junio del 2001 se presentó el mayor número de flores (851 ± 240 flores/m²), ($P < 0.001$); mientras que el valor mínimo se registró en el mes de enero 2002 con tan sólo 3 ± 6 flores/m², valor similar a los promedios de noviembre y diciembre 2001, y febrero 2002, que en conjunto promediaron 15.5 ± 1.9 flores/m². El promedio de flores/m² para todo el periodo experimental fue de 257 ± 114 flores/m². La figura muestra también una mayor variación en la presencia de flores

timeline trends. In the first case, Gauss’s bell equation, $Y = y_0 + ae^{-0.5(x-x_0/b)^2}$, was used; where “Y” is the response variable (flowering distribution) over time; “ y_0 ” is the base value (bell’s left and right ends) and “ae” is the maximum value or peak. The exponential fraction “ $\{-0.5(x-x_0/b)^2\}$ ”, corresponds to values who help outline the curve its “bell” shape. For *seedling survival*, an exponential decay equation, $Y = Ae^{-bx}$, was used, where “Y” represents survival percentage over time “x” in days; “Ae”, initial survival and “b”, plant loss rate. To estimate average seedling life span, the equation $\ln(0.5) = \ln(e^{-bt})$ was used, to substitute “b” obtained in the decay equation.

Flowering. In Figure 2 an increase in the number of flowers can be observed from the first readings (March 2001) to June 2001. Later, a drop which lasted till the experiment’s end was observed. June 2001 showed the higher number of flowers (851 ± 240 flowers sq m⁻¹), ($P < 0.001$); while the lower number was recorded in January 2002 (3 ± 6 flowers sq m⁻¹), similar to the November and December 2001 and February 2002 means which

Figura 2. Floración en *Arachis pintoii* durante el periodo marzo 2001-marzo 2002

Figure 2. Flowering in *Arachis pintoii* between March 2001 and March 2002



Lines on top of bars correspond to the Standard Error. abcdefgh Values with the same letter show no differences ($P < 0.001$).

durante los meses del verano (junio a septiembre 2001), cuyo rango de desviación (error estandar) para esa época fue de 219 a 297 flores/m².

La relación no-lineal que mejor se ajustó a esta información fue la curva de Gauss, que indicó una distribución normal de la floración durante el año. Sin embargo, dicho modelo presentó un poder de predicción limitado debido a que la R² fue menor a 0.85 (R²=0.70), debido al altísimo valor de junio y a la drástica caída de agosto (Figura 3).

La menor presencia de flores ocurrió durante los meses que corresponden a la época de “nortes” (noviembre a febrero), cuando en esta región la temperatura ambiental es la más baja del año (Figura 1). Enríquez⁽⁹⁾, mencionó que en Veracruz *Arachis pintoi* no florea durante esta temporada de nortes debido a bajas temperaturas, fotoperiodo corto y alta nubosidad. En Costa Rica, donde el fotoperiodo varía poco, durante tres años se observó que la menor floración se presentó entre los meses de octubre a febrero⁽¹⁴⁾.

Por el contrario, la mayor presencia de flores ocurrió en los meses más cálidos y húmedos, lo cual es corroborado por Castillo⁽¹⁶⁾, quien observó durante 1998, 1999 y 2000, en este mismo campo experimental, que la mayor floración se presentó en las épocas de máxima precipitación y altas temperaturas, con 54, 119 y 573 flores/m² para cada año evaluado, respectivamente. En Brasil⁽¹²⁾, también se encontró que la máxima floración de *Arachis pintoi* ocurrió en el mes más lluvioso del año (marzo) con 59 flores/m². Por otra parte, la sequía tuvo un efecto deprimente que afectó la floración, pues en los meses más secos (marzo, abril y mayo), el promedio para los mismos, representó menos de la tercera parte (28%) de la floración de junio.

Reserva de semilla en el suelo. La reserva de semilla del suelo para los muestreos de marzo y septiembre del 2001, y marzo del 2002 promedió 15.8, 16.5 y 37.1 millones de semillas/ha, respectivamente; mientras que el peso por cada 100 semillas tuvo una media de 10.33 g en las tres colectas. Este

jointly averaged 15.5 ± 1.9 flowers sq m⁻¹. This item's average for the whole study was 257 ± 114 flowers sq m⁻¹. Figure 2 also shows a higher variation in flower presence in summer (June-September 2001) with a standard deviation of 219 to 297 flowers sq m⁻¹.

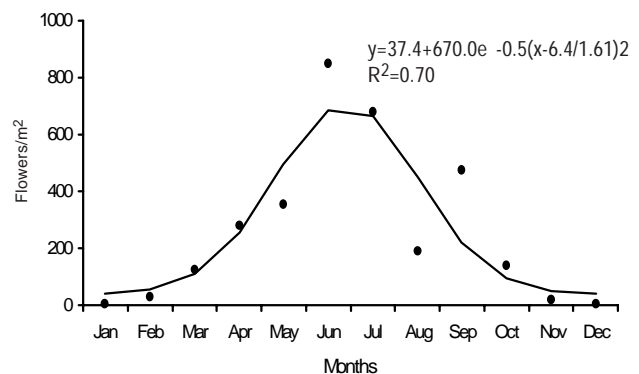
The non-linear relationship which best fitted to these data was Gauss's curve, which showed a normal distribution all year round. However, this model showed a limited prediction potential, as R² was less than 0.85 (R²=0.70), owing to a very high value for June and a strong drop in August (Figure 3).

The lower presence of flowers match the “nortes” season (November to February), which shows the lower temperatures (Figure 1). Enríquez⁽⁹⁾ mentions that in Veracruz, *A. pintoi* does not flower in that season owing to low temperatures, short photoperiod and high cloud. In Costa Rica, with low photoperiod variability, a lower flower presence was detected between October and February⁽¹⁴⁾.

On the other hand, a higher flower presence was found in the hotter and wetter months, as corroborated by Castillo⁽¹⁶⁾, who mentions that in

Figura 3. Distribución anual de la floración en *Arachis pintoi* asociada a gramas nativas

Figure 3. Annual flowering distribution of *Arachis pintoi* associated to native grasses. Points show actual readings



valor es menor al reportado por otros investigadores⁽²³⁾ quienes indican que 100 semillas con vaina pueden pesar entre 13 y 21 g. Con estos datos, se graficó la reserva de semillas en el suelo (Figura 4) observándose un incremento de la misma a través del tiempo. Estadísticamente, las dos primeras cosechas fueron iguales, pero menores a la tercera ($P < 0.001$); sin embargo, no se encontró una explicación para estas diferencias tan notables. La mayor parte de los estudios sobre producción de semilla de *Arachis pinto* están referidos a lotes comerciales, donde se evalúa el efecto de la fertilización, riego y densidades de siembra^(23,24,25), pero sin considerar el pastoreo como aquí sucedió.

Las cosechas aquí obtenidas son en promedio mayores a los valores encontrados por Enríquez⁽⁹⁾ en Isla, Ver., para *Arachis pinto* CIAT 18744 tratada con cal (de 0 a 3 t/ha) y cosechada a tres frecuencias (13, 15 o 17 meses); y por Castillo⁽¹⁶⁾ en el CEIEGT, quien evaluó por tres años la accession 17434. El primer autor informó de un rango de 539 a 1703 kg/ha; mientras que el segundo reportó 123, 207 y 764 kg/ha, para 1998, 1999 y 2000, respectivamente. Esta tendencia del incremento de la reserva conforme para el tiempo coincide con evaluaciones hechas en Costa Rica⁽¹⁴⁾, y con los datos del presente experimento.

La época del año y la accesión también determinan la reserva de semillas en el suelo. Así, en Brasil,⁽¹²⁾ se reportaron cantidades menores (889 y 1089 kg/ha para lluvia y sequía, respectivamente) a lo encontrado en este experimento, pero coinciden en que la mayor cosecha se logró durante la sequía.

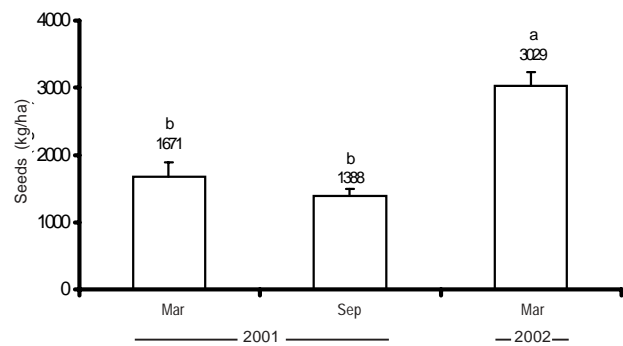
En la región cafetera de Colombia, se evaluaron 35 accesiones de *Arachis pinto* asociada a *Brachiaria humidicola*⁽¹¹⁾, y encontraron para CIAT 17434 una producción media de semilla de 147 kg/ha; mientras que para todas las accesiones el promedio fue de 314 kg/ha. Otros investigadores⁽²⁶⁾ compararon las accesiones CIAT 17434 y 18744 para condiciones de Colombia y Costa Rica, e informaron que la primera produce más semilla que la segunda.

1998, 1999 and 2000, in this Experimental Station, the higher flowering was in the higher rainfall and temperature season, showing, 54, 119 and 573 flowers sq m⁻¹, respectively. In Brazil⁽¹²⁾, the higher flowering was observed in the wetter month (March), 59 flowers sq m⁻¹. Contrariwise, drought affected flowering adversely, because in the drier months – March, April and May – average for them was less than 1/3 of that of June.

Soil seed reserve. Seed reserve in soil for March and September 2001 and March 2002 samplings averaged 15.8, 16.5 and 37.1 million seeds ha⁻¹, respectively, while seed weight for 100 seeds averaged 10.33 g for the three samples. This value is lower than the one mentioned by other authors⁽²³⁾ who report values of 13 to 21 g for 100 seeds in pods. With these data, a graph for seed reserve in soil was drawn (Figure 4) in which an increase over time can be observed. Statistically, the first two harvests were similar, but lower than the third ($P < 0.001$), however, no explanation was found for this. Most of the studies on *A. pinto* seed production refer to commercial plots, where fertilization, irrigation and plant density are assessed^(23,24,25), but not taking grazing into consideration as in the present study.

Figura 4. Reserva de semillas de *Arachis pinto* en los tres muestreos

Figure 4. *Arachis pinto* soil seed reserve



Lines on top of bars correspond to Standard Error.

ab Values with the same letters show no differences ($P < 0.001$).

Densidad de estolones. En el Cuadro 1 se observa que durante el periodo marzo-julio del 2001 la densidad de estolones disminuyó, para luego repuntar a partir de septiembre de ese año hasta marzo del año siguiente. Los valores máximos durante el experimento se registraron en marzo 2001 y 2002, los cuales fueron similares, pero diferentes al resto de las observaciones ($P < 0.001$); mientras que el valor mínimo se presentó en julio del 2001. El promedio general fue de 58.7 ± 5.6 m/m².

La presencia de los puntos de crecimiento o enraizamiento, tuvo un comportamiento errático durante todo el periodo. Los valores máximos se registraron en septiembre 2001 y marzo 2002; mientras que el promedio más bajo se presentó en julio del 2001. El análisis estadístico mostró que los puntos de crecimiento en marzo, septiembre y noviembre del 2001, y marzo del 2002 fueron iguales entre sí y mayores que en el resto de las observaciones ($P < 0.001$). El análisis de regresión lineal para ambas variables mostró una R^2 de sólo 0.33, indicativa de una pobre relación entre estas variables, aunque ambas coinciden en el tiempo para los valores máximos (marzo 2002; 1566 ± 147 puntos/m²) y mínimos (julio 2001; 757 ± 80 puntos/m²).

Cuadro 1. Longitud de estolones y puntos de crecimiento en *Arachis pinto* asociada a gramas nativas

Table 1. Stolon length and root growth points in *Arachis pinto* associated to native grasses

Sampling month (2001-2002)	Stolon length (m/m ²)	Growth points/m ²
March	74.8 \pm 5.2 ^a	1263 \pm 113 ^{abc}
May	58.6 \pm 4.8 ^b	1065 \pm 91 ^{bcd}
July	39.5 \pm 2.8 ^c	757 \pm 79 ^d
September	47.1 \pm 4.2 ^b	1446 \pm 150 ^a
November	57.3 \pm 5.4 ^b	1324 \pm 134 ^{ab}
January	49.9 \pm 4.2 ^b	980 \pm 97 ^{cd}
March	83.8 \pm 5.5 ^a	1566 \pm 147 ^a

abcd Averages within columns with the same letter show no differences ($P \leq 0.001$).

Quantities harvested in this study are higher than those found by Enriquez⁽⁹⁾ in Isla, Ver., for *Arachis pinto* CIAT 18744 treated with lime (0 to 3 tm ha⁻¹), harvested at three different timeframes (13, 15 and 17 mo) and also by Castillo at CEIEGT⁽¹⁶⁾, who evaluated during three years the accession 17434. The first author reported a range between 539 and 1,703 kg ha⁻¹, while the second mentions 123, 207 and 754 kg ha⁻¹ for 1998, 1999 and 2000, respectively. The trend showing an increase of seed reserve in soil is in coincidence with evaluations carried out in Costa Rica⁽¹⁴⁾ and what was found in the present study.

Season and accession also influence seed reserve in soil. In Brazil⁽¹²⁾, lower values are reported (889 and 1,089 kg ha⁻¹ for rain and drought, respectively) than those found in the present study, however these data coincide in a higher crop in the dry season.

In Colombia's coffee belt, 35 *Arachis pinto* accessions in association with *Brachiaria humidicola*⁽¹¹⁾ were assayed. An average production for CIAT 17434 of 147 kg ha⁻¹ was recorded, while the average for all accessions was 314 kg ha⁻¹. Other authors⁽²⁶⁾, compared accessions CIAT 17434 and 18744 in Colombia and Costa Rica and reported that the first one produces more seed than the second one.

Stolon density. In Table 1 a drop in stolon density for the period March – July 2001 can be seen and also an increase from September 2001 to March 2002. Maximum values were recorded in March 2001 and March 2002, both very similar, but significantly different from the rest of the recordings ($P < 0.001$). The minimum value was recorded in July 2001. Total average was 58.7 ± 5.6 m sq m⁻¹.

Presence of growth points or rooting points was erratic during this study. Maximum values were recorded in September 2001 and March 2002, while the lower average was found in July 2001. Statistical analysis showed that March, September, November 2001 and March 2002 values were similar and higher than the rest ($P < 0.001$). Linear regression

En promedio, la longitud de los estolones aquí encontrada es menor al valor de 90.7 m/m² para *Arachis pintoi* asociada a *Brachiaria humidicola*, pero similar al encontrado cuando se asoció con *B. brizantha* (58.0 m/m²) con dos cargas animal, donde se atribuyó la longitud de los estolones a través del tiempo a la variación en la proporción de la leguminosa en la asociación⁽¹⁴⁾. En este caso, parecería que el estrés por humedad estimuló la elongación de los estolones como una medida de sobrevivencia para esa condición. En los Llanos Orientales de Colombia, se evaluaron cuatro accesiones de *Arachis pintoi* y se encontró que a mayor número de estolones/planta, la cobertura de las accesiones se incrementó en el tiempo⁽¹⁰⁾. Por otra parte, los puntos de crecimiento aquí observados fueron menores (20.9±1.8 puntos/m de estolón) a los 46 puntos/m de estolón reportados por Ibrahim⁽¹⁴⁾.

Sobrevivencia de plántulas. En la Figura 5 se muestra la sobrevivencia de plántulas en el periodo, ajustada a un modelo de decaimiento exponencial simple, donde los puntos corresponden a las observaciones reales, iniciadas en junio 1 del 2001. En los primeros 15 días se registró una fuerte mortalidad, y para el día 16 de ese mes ya había desaparecido casi la mitad de las plántulas inicialmente emergidas. Posteriormente, la tasa de desaparición de plántulas se estabilizó en 5.5 % por observación, quedando para noviembre de ese año (día 166) sólo seis plantas (5 %) de las 120 originalmente marcadas. El modelo mencionado presentó una R² de 0.98, lo cual se considera un ajuste apropiado desde el punto de vista predictivo, y estimó en 24 días la vida media de las plántulas en el potrero.

Las observaciones de campo sugirieron que la desaparición de plántulas pudo deberse tanto al pisoteo como al arranque o desenraize por el ganado. También, un mínimo número de ellas pudo haber sido consumida por roedores o eliminada por competencia con malezas. La pobre longevidad de las plántulas aquí encontrada (166 días) contrasta con los 800 días de vida media señalada por otros autores⁽¹⁴⁾ para la misma accesión. Quizá la exposición de las plantas inicialmente emergidas al pastoreo, no contribuyó a medir apropiadamente

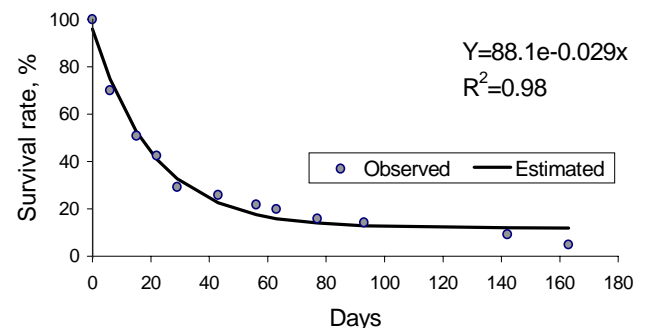
analysis for both variables showed an R² = 0.33, showing a poor relationship, although both coincide in the timeframe for maximum (March 2002, 1,566±147 growth points sq m⁻¹) and minimum values (July 200, 757±80 growth points sq m⁻¹).

On average, stolon length found in this study is lower than the 90.7 m sq m⁻¹ reported for *Arachis pintoi* associated with *Brachiaria humidicola*, but similar to that found when associated with *B. brizantha* (58.0 m sq m⁻¹) when grazed with two stocking rates, when stolon length was attributed to changes in the proportion of this legume in the association⁽¹⁴⁾. In the present case, stress due to wetness stimulated stolon elongation as a means of survival. In the Eastern Llanos of Colombia, four *Arachis pintoi* accessions were assessed and it was found that for higher stolon/plant values an increase in plant coverage over time⁽¹⁰⁾ was observed. On the other hand, growth points recorded in the present study (20.9±1.8 growth points stolon m⁻¹) were less than those reported (46 growth points stolon m⁻¹) by Ibrahim⁽¹⁴⁾.

Seedling survival. In Figure 5 seedling survival in the study timeframe adjusted to a simple exponential decay model is shown. Points correspond to actual readings, starting on July 1, 2001. In the first 15 d a high mortality was recorded and by d 16 almost half of the emerging seedlings had gone. Later, the disappearance rate stabilized at 5.5 % in each

Figure 5. Porcentaje de sobrevivencia de plantas de *Arachis pintoi* originalmente sembradas durante el periodo junio-noviembre 2001. Muestras a partir del 1 de junio

Figure 5. Survival rate of *Arachis pintoi* seedlings sown in June - November 2001. Samples taken after June 1



su longevidad, pero este manejo reveló la fragilidad de éstas al pisoteo o arranque.

La persistencia de *Arachis pintoi* descansa en la abundante biomasa de semillas en el suelo y estolones⁽²⁶⁾. Los resultados aquí obtenidos indican que dicha persistencia está basada más en la propagación por estolones, ya que la sobrevivencia de plántulas provenientes de semillas fue baja, particularmente durante las dos primeras semanas de vida. Esta razonamiento se fortalece si se considera que los estolones al enraizar “aseguran” su presencia en el suelo, además de que físicamente están mejor adaptados para competir y resistir condiciones adversas en la pastura, ya sea por plagas, enfermedades o por pisoteo, principalmente. Lo anterior ha sido confirmado por otros autores, quienes caracterizaron esta especie con alto potencial de propagación, debido a la presencia de rizomas y la capacidad de estos para enraizar⁽²⁷⁾.

Se concluye que los recursos de persistencia de *Arachis pintoi* son múltiples, pero su efectividad varió de acuerdo con las condiciones climáticas y el manejo aplicado. Fue claro que las épocas de invierno y sequía tuvieron un efecto detrimental sobre la floración, afectando su habilidad para competir con otras especies. También, la exposición inicial de plántulas al pastoreo reveló la fragilidad de éstas durante las primeras semanas de vida; sin embargo, la mortalidad de plántulas se contrarrestó inmediatamente por una alta densidad de estolones y a largo plazo, por la recarga del banco de semillas del suelo a través del tiempo, y en conjunto, ambos recursos garantizaron la persistencia de la leguminosa en el campo.

LITERATURA CITADA

1. Valls JF, Simpson CE. Taxonomy natural distribution, and attributes of *Arachis pintoi*. In: Kerridge PC, Hardy B editors. Biology and agronomy of forage *Arachis*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 1994;1-18.
2. Cook BG, Williams RJ, Wilson GPM. *Arachis pintoi* Krap. et Greg. Nom. Nud. (Pinto peanut) cv. Amarillo. Aust J Exp Agric 1990;(30):445-446.
3. Gómez-Cortés GE, Valles B, Castillo E, Jarillo J. Evaluación de métodos para el establecimiento de *Arachis pintoi* en una

reading, remaining on November 16, 2001 only 6 plants (5 %) of the 120 originally tagged. The above mentioned model showed an $R^2=0.98$ which can be considered adequate from a predictive standpoint and a 24 d average lifespan for seedlings in the field was estimated.

Field readings suggest as possible causes for seedling disappearance, trampling and uprooting by cattle. Also, a few could have been eaten by rodents or eliminated through competition with weeds. Poor seedling longevity found in this study (166 d) contrasts with the 800 d lifespan reported by other authors⁽¹⁶⁾ for this same accession. Maybe exposing emerging seedlings to grazing did not contribute to rate adequately their longevity, but this grazing management revealed their vulnerability to trampling or uprooting by cattle.

Arachis pintoi's persistence rests on its high biomass in seeds in soil and stolons⁽²⁶⁾. Results obtained in the present study show that it is more dependent on stolon propagation, as seedlings born from seeds survival rate was very low, especially in the first two weeks. This perception is reinforced because stolons issue roots which ensure their presence in the ground, and also because they are physically better adapted to compete and resist adverse conditions owing mainly to pests, diseases or trampling. This has been confirmed by other authors, who characterized *Arachis pintoi* as having high survival potential owing to the presence of rhizomes and of their ability to issue roots⁽²⁷⁾.

It can be concluded that *Arachis pintoi* possesses many survival resources, but their efficacy varies in accordance with the type of weather and management practices. In winter and in drought periods flowering was affected negatively, diminishing its ability to compete with other species. Also, grazing at early growth and development stages revealed the vulnerability their first weeks; however, seedling mortality was offset in the short term by high stolon density and by a high seed reserve in soil in the long term. Both resources jointly warrant the persistence of this legume in the field.

End of english version

- pastura nativa de Veracruz, México. *Pasturas Tropicales* 1994;16(1):15-21.
4. Arzola A, Castillo E, Valles B, Jarillo J. Establecimiento sin labranza de *Arachis pintoi* y *Pueraria phaseoloides* en pasturas nativas. *Pasturas Tropicales* 1997;19(3):51-54.
 5. Ibrahim MA, Mannetje L. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures in the humid tropics of Costa Rica. 1. Dry matter yield, nitrogen yield and botanical composition. *Tropical Grasslands* 1998;32(2):96-104.
 6. Dwyer GT. Pinto's peanut: a ground cover for orchards. *Queensland Agric J* 1989;153-154.
 7. Jones RM, Carter ED. Demography of pasture legumes. In: Marten GC *et al.* editors. Persistence of forage legumes. Madison, Wisconsin, USA: ASA, CSSA, SSSA; 1989:139-158.
 8. Fisher MJ, Cruz P. Some ecophysiological aspects of *Arachis pintoi*. In: Kerridge PC, Hardy B editors. Biology and agronomy of forage *Arachis*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 1994;53-70.
 9. Enríquez QFJ. Efecto de la aplicación de cal y la época de cosecha en la producción de semilla de *Arachis pintoi* CIAT 18744. *Pasturas Tropicales* 2001;23(1):25-28.
 10. Rincón AC. Potencial productivo de ecotipos de *Arachis pintoi* en el piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. *Pasturas Tropicales* 2001;23(1):19-24.
 11. Cárdenas EA, Maass BL, Peters M, Franco LH. Evaluación de germoplasma nuevo de *Arachis pintoi* en Colombia. 2. Bosque muy húmedo-premontano (zona cafetera), Caldas. 1999. *Pasturas Tropicales* 1999;21(2):42-59.
 12. Cruz, ED, Simao M, Covre JL. Producao de sementes de *Arachis pintoi* Krap. Et Greg. Na Amazonia Oriental Brasileira. *Pasturas Tropicales* 1999;21(3):59-61.
 13. Bowman AM, Wilson GPM. Persistence and yield of forage peanuts (*Arachis* spp) on the New South Wales north coast. *Tropical Grasslands* 1996;30(4):402-406.
 14. Ibrahim MA. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures for sustainable animal production in the Atlantic zone of Costa Rica [doctoral thesis]. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Agricultural University; 1994.
 15. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª ed. México: Instituto de Geografía, UNAM; 1988.
 16. Castillo GE. Improving a native pasture with the legume *Arachis pintoi* in the humid tropics of Mexico [doctoral thesis]. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Agricultural University; 2003.
 17. Toledo JM. Plan de investigación en leguminosas tropicales para el CIEEGT. Informe de consultoría, Proyecto FAO: MEX 1781015. Martínez de la Torre, Ver., 1989.
 18. Castelán RG, Castillo GE, Mannetje L't, Valles B, Aluja A, Torres M. Producción y composición botánica de tres accesiones de *Arachis pintoi* asociadas a un pastizal nativo del trópico húmedo del estado de Veracruz, durante el año de establecimiento [resumen]. VI Reunión nutrición animal (GNMNA). Monterrey, N.L. 1997.
 19. Moreno IR, Maass BL, Peters M, Cárdenas EA. Evaluación de germoplasma nuevo de *Arachis pintoi* en Colombia. 1. Bosque seco tropical, Valle del Cauca. *Pasturas Tropicales* 1999;21(1):18-32.
 20. Jones RM, Bunch GA. The effect of stocking rate on the population dynamics of Siratro in Siratro (*Macrotilium atropurpureum*)-Setaria (*Setaria sphacelata*) pastures in South-east Queensland. I. Survival of plants and stolons. *Aust J Agric Res* 1988;39(2):209-219.
 21. Agricultural Trust Lawes. Genstat 5. Second edition, release 3.2 ed. Rothamsted, UK: Lawes Agricultural Trust, IACR; 1996.
 22. Steel RGD, Torrie JH. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. Second edition; Tokyo. McGraw-Hill Kogakusha Ltd. 1980.
 23. Ferguson JE, Cardozo CI, Sánchez MS. Avances y perspectivas en la producción de semilla de *Arachis pintoi*. *Pasturas Tropicales* 1992;14(2):14-22.
 24. Diulgheroff S, Pizarro EA, Ferguson JE, Argel PJ. Multiplicación de semillas de especies forrajeras tropicales en Costa Rica. *Pasturas Tropicales* 1990;12(2):15-23.
 25. Ferguson JE. Seed biology and seed systems for *Arachis pintoi*. In: Kerridge PC, Hardy B editors. Biology and agronomy of forage *Arachis*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 1994;122-133.
 26. Argel PJ, Villarreal, M. Nuevo maní forrajero perenne (*Arachis pintoi* Krapovickas y Gregory). Cultivar porvenir (CIAT 18744). Boletín técnico, Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1998.
 27. Simpson CE, Valls JFM, Miles JW. Reproductive biology and the potential for genetic recombination in *Arachis*. In: Kerridge PC, Hardy B editors. Biology and agronomy of forage *Arachis*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 1994;43-52.