

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización*. (p. 87-111).
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 3

Especies de *Centrosema* para Regiones Semiáridas y Subtropicales

R. J. Clements*

Resumen

Por lo menos seis especies de *Centrosema* se encuentran naturalmente en las regiones tropicales semiáridas. Se describen aquí sus características adaptativas. Dos cultivares de *C. pascuorum* se han desarrollado para usarlas comercialmente en pasturas. Uno fue mejorado para regiones tropicales semiáridas en donde la estación seca dura de 5 a 8 meses; el otro es un cultivar de floración tardía adecuado para las regiones tropicales húmedo-secas en que las inundaciones estacionales duran temporadas largas. Ambos cultivares proporcionan un forraje de estación seca muy útil para el ganado bovino. *Centrosema pascuorum* se está evaluando también como una leguminosa de cobertura que entra en rotación en los sistemas de cultivo.

Una especie de *Centrosema*, *C. arenicola*, está restringida a las zonas subtropicales. Otra, *C. virginianum*, se extiende hasta latitudes mucho más altas y posee mecanismos para evitar las

* Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO),
St. Lucia, Qld., Australia.

heladas, los cuales se describirán detalladamente. Hay por lo menos ocho especies en las regiones subtropicales sudamericanas; y algunas especies y ecotipos se hallan en regiones tropicales elevadas (zona cafetera). Se describen aquí algunos intentos de desarrollar a *C. virginianum* para las pasturas subtropicales de Australia. Las líneas mejoradas han persistido durante 8 años pastoreadas a una carga animal de 1.5 novillos/ha.

Introducción

La distribución natural de las especies de *Centrosema* en las tierras americanas es una guía inmediata para su adaptación climática. El punto de partida para esta revisión es, en consecuencia, la biogeografía de *Centrosema* en América, haciendo énfasis en las regiones semiáridas y subtropicales (Schultze-Kraft et al., esta obra). Por lo tanto, se revisará el conocimiento actual sobre las características adaptativas de las especies de *Centrosema* de estas regiones, y se resumirán los intentos de desarrollar y comercializar estas especies.

Uno de los tropiezos de la discusión sobre la adaptación al estrés ambiental consiste en relacionar sin ambigüedad causas y efectos. Esto se debe a que una adaptación específica puede permitirle a una planta resistir diferentes clases de estrés, en tanto que un solo estrés puede ser contrarrestado por muchas adaptaciones diferentes (Clements et al., 1983a). Además, aún no se comprenden bien algunos tipos de adaptación. Por ejemplo, la pubescencia foliar es común en las especies de *Centrosema* de ambientes tropicales tanto semiáridos como de gran altitud. ¿Es la pubescencia, principalmente, un mecanismo de reflectancia para contrarrestar los altos niveles de radiación solar presentes en ambas clases de ambiente? ¿Es una adaptación a las bajas temperaturas de las altas montañas tropicales, que aumenta la resistencia a la transferencia de calor en la capa gaseosa intermedia entre la hoja y el aire? ¿Es principalmente un medio de reducir la pérdida de agua por transpiración en ambientes semiáridos? ¿Tienen las diferentes clases de pubescencia distintas funciones? Las respuestas a todos estos interrogantes no son claras, y esta incertidumbre debe tenerse en cuenta en toda discusión sobre la adaptación, aun cuando las respuestas parezcan obvias.

Climas y Especies

El término 'zonas tropicales semiáridas' no tiene un significado preciso. En este capítulo se usan las categorías climáticas V3 y V4 de Troll y Paffen (Troll, 1966) para definir las zonas tropicales semiáridas. Los climas V3 (climas tropicales secos y húmedos) tienen de 4 a 7 meses húmedos, mientras que los climas V4 (climas tropicales secos) tienen de 2 a 4 meses húmedos. Un mes húmedo se define como uno en el cual la precipitación media supera la evaporación potencial.

Se incluyen específicamente siete regiones americanas en las zonas tropicales semiáridas según esa definición: la mayor parte del nordeste de Brasil subcostero; una estrecha franja de tierra en la costa pacífica de Ecuador y Perú; las planicies meridionales de Guyana; varias regiones de Venezuela dentro de los 200 km de la costa del Caribe y del Golfo de Venezuela (incluyendo algunas islas alejadas de la costa); la península de la Guajira y otras partes del norte de Colombia; algunas áreas en varios países centroamericanos, particularmente en Guatemala, Honduras y El Salvador; y partes del sur de México. Hay también dos importantes regiones subtropicales semiáridas en América: el Chaco paraguayo y argentino, y el norte de México, incluyendo Baja California. Los climas semiáridos tropicales y subtropicales son también muy comunes en otras partes del mundo, especialmente en Africa, India y Australia.

Las siguientes especies de *Centrosema* se encuentran naturalmente en regiones tropicales semiáridas americanas: *C. arenarium*, *C. brasilianum*, *C. pascuorum*, *C. rotundifolium*, *C. schottii* y *C. virginianum*. Dos de estas especies, *C. pascuorum* y *C. rotundifolium*, se hallan más comúnmente en las zonas tropicales semiáridas que en otros sitios, mientras que las restantes están menos estrechamente adaptadas al clima. Otro grupo de especies se adapta principalmente a los ambientes de alta precipitación, aunque incluye accesiones raras de las zonas tropicales semiáridas. Están en este grupo *C. macrocarpum*, *C. plumieri*, *C. pubescens*, *C. sagittatum* y *C. brachypodium*.

El término 'zonas subtropicales' incluye literalmente aquellas regiones que limitan con las zonas tropicales, en las cuales las heladas son una importante limitación ambiental. Hay, sin

embargo, regiones elevadas dentro de las latitudes tropicales que tienen por ello climas tropicales montañosos, y de muchas maneras son comparables con la zona subtropical. Cerca del ecuador, la temperatura media descende, aproximadamente, 6 °C por cada 1000 m de aumento de altitud, de manera que las condiciones tropicales de montaña se presentan cuando la altitud está entre 1000 y 2000 m (Johnson, 1976; Snow, 1976). A dichas latitudes no hay heladas y la zona se llama “tierra templada” o “zona cafetera”; ésta se caracteriza por las bajas temperaturas nocturnas de 8 a 18 °C como media de mínima en el mes más frío (Papadakis, 1966). A mayores latitudes, las condiciones de montaña tropical se alcanzan a elevaciones inferiores, y se presentan heladas durante el invierno.

Los climatólogos brasileños, como Ratisbona (1976), usan una temperatura promedio de menos de 18 °C en el mes más frío para distinguir los climas subtropicales de los tropicales. Con base en esto, la mayor parte de la región meridional del escudo brasileño, que se extiende hacia el norte hasta aproximadamente 18° S en Minas Gerais y 21° S en Mato Grosso do Sul, se podría llamar subtropical. Aunque esta zona experimenta actualmente, en promedio, sólo de 0 a 10 heladas por año (Ratisbona, 1976), las temperaturas medias pueden haber sido de 5 a 6 °C más bajas durante la reciente edad de hielo, o sea, hace sólo unos 14,000 años. Vale la pena considerar este punto, porque la meseta central brasileña es un importante centro de diversidad de especies de *Centrosema*, que contiene más de la mitad de esas especies (Clements y Williams, 1980). Otra región de diversidad de especies de este género en América Central y México también contiene importantes áreas de tierras cafeteras altas.

Sólo una especie, *C. arenicola*, está restringida a las zonas subtropicales (centro de Florida, E.U.). Sin embargo, *C. virginianum*, que tiene la distribución natural más amplia de las especies de *Centrosema*, se extiende a latitudes mucho mayores que *C. arenicola* (40° N en las planicies costeras del Atlántico en E.U. y 35° S en Argentina y Uruguay). Estas son las únicas dos especies que se extienden hacia el norte del Trópico de Cáncer en América del Norte.

Las siguientes especies presentan una distribución que se extiende hacia el sur del Trópico de Capricornio en América del

Sur: *C. virginianum*, *C. plumieri*, *C. angustifolium*, *C. grandiflorum*, *C. schottii*, *C. brachypodum*, *C. bracteosum*, *C. sagittatum* y quizás *C. acutifolium*. Además, como ya se ha observado, se hallan muchas especies en aquellas partes de Minas Gerais que tienen una fuerte influencia subtropical. Entre estas especies hay varias ya indicadas y un pequeño conjunto de grupos taxonómicos mal recogidos (*C. coriaceum*, *C. dasyanthum*, y *C. vetulum*) que están más o menos restringidos a esta región.

Finalmente, hay especies y ecotipos que se hallan en microclimas montañosos tropicales. Por ejemplo, se han recogido ecotipos de *C. macrocarpum* (Schultze-Kraft, 1986), *C. virginianum* y *C. pubescens* en climas tropicales de montaña. *Centrosema schiedeana* es una planta de zona cafetera en México y América Central, aunque también se halla en climas de tierras bajas en Colombia. Sin embargo, no se encuentra en las zonas de latitud subtropical.

Adaptación a los Ambientes Semiáridos

Las limitaciones ambientales críticas de las zonas tropicales semiáridas incluyen estrés de sequía durante la estación seca larga, temperaturas altas, altos niveles de radiación, quemas y bajos niveles de nutrientes minerales. Se han observado diversas combinaciones de caracteres en las especies de *Centrosema* provenientes de estos ambientes.

Una de estas combinaciones o patrones se encuentra así en *C. pascuorum*: ciclo de vida anual, tasa de crecimiento rápida, tallos volubles o rastreras que producen raíces adventicias, tiempo de floración estrechamente armonizado con el ambiente (Figura 1), auto-polinización, floración y producción de semilla masivas (Figura 1), tolerancia a potenciales hídricos foliares extremadamente bajos (Cuadro 1), movimientos de la hoja que reducen la intercepción de la luz, folíolos angostos para reducir la carga de radiación y aumentar la pérdida de calor, y un alto nivel de semilla dura acoplado a una tasa de ablandamiento que varía entre las accesiones y que probablemente se correlaciona con el ambiente. Otra especie, *C. schottii*, es también anual pero difiere de *C. pascuorum* en varios aspectos (por ejemplo, tiene folíolos anchos).

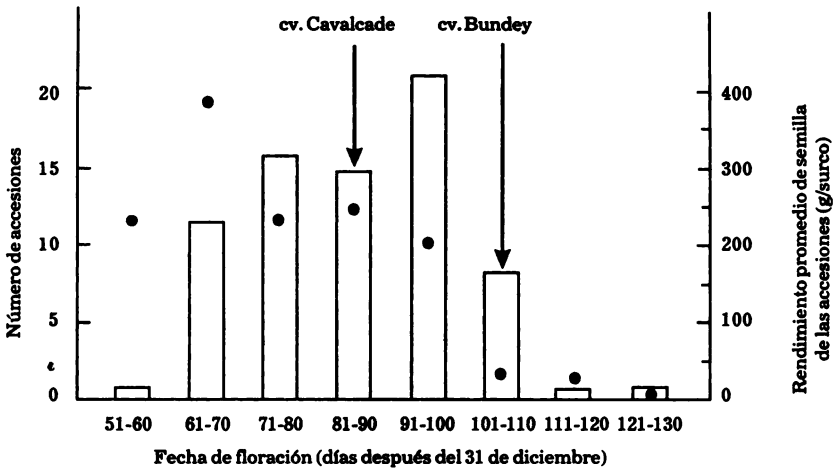


Figura 1. Variación de la fecha de floración de 71 accesiones (66 introducciones y 5 líneas mejoradas) de *Centrosema pascuorum* cultivadas en Katherine, Territorio Norte, Australia. Las fechas de floración de los dos cultivares comerciales, Cavalcade y Bunday, se indican con flechas. Los rendimientos promedio de semilla de las accesiones en cada clase de floración se indican con puntos. Los surcos contenían 10 plantas a 0.5 m una de otra. (Tomado de Thomson et al., s.f.)

Cuadro 1. Tolerancia de las especies de *Centrosema* y de *Macroptilium atropurpureum* al estrés de agua, y potencial hídrico foliar al cual los estomas se hallan bien cerrados.

Especie	Tolerancia al estrés de agua ^a (MPa)	Potencial hídrico foliar a cero conductancia (MPa)
<i>M. atropurpureum</i>	-2.4	-1.9
<i>C. pubescens</i>	-8.0	-5.9
<i>C. brasilianum</i>	-8.3	-4.2
<i>C. pascuorum</i>	-12.1	-8.0

a. La tolerancia al estrés de agua es el potencial hídrico de la hoja medido justo antes de morir la última hoja en las plantas debilitadas por la sequía.

FUENTE: Ludlow et al., 1983.

Una tercera especie, *C. virginianum*, es perenne en la mayor parte de su distribución, pero puede funcionar como planta anual en las zonas tropicales semiáridas. De las accesiones recogidas en el nordeste de Brasil, algunas se comportan como anuales aun cuando hayan crecido en ambientes húmedos (Clements, 1977 y 1983a; Schultze-Kraft y Keller-Grein, 1985), mientras que otras no

presentan, en su mayoría, una adaptación obvia a la aridez y son probablemente de vida corta. En efecto, muchas de las clases de adaptación que se pueden esperar en las zonas tropicales semiáridas, como la pubescencia foliar, los folíolos angostos o las yemas subterráneas, se hallan en accesiones de *C. virginianum* de otros ambientes, lo que ilustra de nuevo el problema de determinar causas y efectos.

Hay una combinación de caracteres contrastantes en *C. rotundifolium*: ciclo de vida perenne, tasa de crecimiento lenta, voluminosos órganos de almacenamiento subterráneo, yemas subterráneas, hábito de crecimiento postrado (no voluble), anficarpia (producción de semillas encima y debajo de la superficie del suelo), producción escasa de las semillas, y folíolos anchos y engrosados. Esta especie ha sido poco recolectada y, puesto que produce poca semilla en Australia, ha sido poco estudiada. Sin embargo, considerando las estrategias adaptativas definidas por MacArthur y Wilson (1967), parece ser una especie seleccionada de tipo K en contraposición con la especie seleccionada de tipo r, *C. pascuorum*¹.

Centrosema brasilianum posee mecanismos para evitar o tolerar el estrés de agua los cuales, aunque mal comprendidos, parecen diferir de aquéllos descritos para *C. pascuorum* y *C. rotundifolium*. *Centrosema brasilianum* puede permanecer verde y aun crecer lentamente durante las sequías. Este fenómeno se explica, en parte, por su mayor control estomatal de la pérdida de agua, en comparación con algunas otras especies de *Centrosema* (Cuadro 1), lo que probablemente prolonga la vida de las hojas individuales. Sin embargo, su tolerancia al déficit de agua de la hoja es inferior a la de *C. pascuorum* y no supera la de *C. pubescens*, mientras que su control estomatal de la pérdida de agua es inferior al de siratro (*Macroptilium atropurpureum*). Parece probable, en consecuencia, que *C. brasilianum* tenga un sistema radical profundo capaz de absorber aquella humedad del suelo que resulta inaccesible para otras especies.

1. K y r se refieren al ajuste a ambientes sobrepoblados y poco poblados, respectivamente. Donde alternan las condiciones ambientales favorables y desfavorables, la selección r conducirá al rápido crecimiento poblacional y al uso extravagante de los recursos, mientras que la selección K llevará a estrategias conservadoras de remplazo y uso eficiente de los recursos durante períodos de estrés.

En las zonas semiáridas tropicales, la morfología del folíolo de *C. brasilianum* no parece tener un significado adaptativo. *Centrosema brasilianum* es una especie en que predominan los folíolos angostos, aunque rara vez tan angostos como aquellos de *C. pascuorum*. En las zonas semiáridas tropicales se dan formas con folíolos anchos, al lado de formas con folíolos angostos (Schultze-Kraft y Belalcázar, 1988). Los folíolos de *C. brasilianum* no son pubescentes ni están engrosados, y tampoco hay mucha evidencia sobre movimientos de la hoja que reduzcan la carga de radiación. Además, las accesiones de las zonas semiáridas tropicales varían enormemente en la producción de semilla (Clements et al., 1984); esto sugiere que el rápido cambio en la población quizás no sea un mecanismo crítico de escape a la sequía.

Se sabe muy poco acerca de las características adaptativas de *C. arenarium* y de *C. schottii* en las zonas semiáridas tropicales. En efecto, la distribución natural de ambas especies no se comprende bien. Es posible que ambas especies se adapten a suelos específicos. *Centrosema schottii* parece tener semillas particularmente duras. ¿Es éste un factor que contribuye a su éxito en las zonas semiáridas tropicales?

La anficarpia es común en *Centrosema* y en la tribu Phaseoleae; *C. rotundifolium*, *C. grazielae*, *C. venosum* y *C. bracteosum* poseen esta adaptación. No es fácil explicar la existencia de anficarpia en estas cuatro especies de *Centrosema* (por lo menos en función de su actual distribución) simplemente como un mecanismo de adaptación a la sequía o al estrés de temperatura. *Centrosema grazielae*, por ejemplo, se distribuye en un rango de ambientes que comprende los húmedos y los relativamente benignos. La naturaleza y el significado adaptativo de la anficarpia y la geocarpia merecen más estudio, no sólo en *Centrosema* sino también en otros géneros. ¿Es la anficarpia una adaptación a los bajos niveles de calcio del suelo? ¿Es una adaptación a la quema?

La adaptación a la quema es un tema que merece especial atención. Según Sarmiento (1984) y otros ecólogos, la quema ha sido un factor normal en la evolución de las sabanas neotropicales. El entierro de biomasa en forma de órganos subterráneos agrandados, como rizomas y xilopodios, es una adaptación común a la quema. *Centrosema rotundifolium*, *C. bracteosum* y *C. venosum* poseen xilopodios o raíces enormemente engrosadas. R. Schultze-Kraft (comunicación personal) ha recolectado una

accesión de *C. brasilianum* que posee un órgano subterráneo de almacenamiento, aunque no es ésta una característica común de la especie. También se ha hallado una accesión de *C. angustifolium* que posee dicho órgano. *Centrosema arenarium*, aparentemente, no posee xilopodios.

Adaptación a los Ambientes Subtropicales

Los principales estreses ambientales que tienen que ser superados por las 'plantas tropicales' que crecen en climas subtropicales son las bajas temperaturas (especialmente en la noche) junto con las heladas, y los grandes cambios cíclicos en la duración del día. Las temperaturas nocturnas inferiores al rango de 10-15 °C causan daños por enfriamiento a los cloroplastos de muchas gramíneas y leguminosas tropicales (Lyons, 1973) y limitan gravemente su crecimiento, mientras que las temperaturas propias de una helada matan sus tejidos. En el caso de *Centrosema*, los tejidos expuestos a heladas de -2 a -5 °C mueren.

El mecanismo de adaptación a las temperaturas moderadamente bajas no ha sido estudiado en *Centrosema*, pero se pueden hacer algunos comentarios generales. Las accesiones tropicales de *C. pubescens* son notoriamente susceptibles al enfriamiento. Sus hojas se tornan amarillas y se marchitan, y el crecimiento cesa cuando las temperaturas nocturnas son inferiores a 13 °C (Bowen, 1959). Las accesiones de las regiones tropicales elevadas y de las zonas meridionales de su área de distribución son mucho más resistentes (Clements y Williams, 1980; R. J. Clements, información no publicada). En las zonas subtropicales australianas, estas accesiones empiezan a crecer muy temprano durante la época de crecimiento, continúan creciendo lentamente a finales del otoño, y a menudo permanecen verdes aun cuando estén a temperaturas de helada.

Existe un patrón similar de adaptación intraespecífica en otras especies, incluyendo a *C. virginianum*, aunque el potencial para el crecimiento de otoño puede ser modificado por el comienzo de la latencia o por una prolífica producción de semillas (Figura 2). Las accesiones de *C. schiedeanaum* de las zonas elevadas de México y América Central, *C. macrocarpum* de los Andes colombianos (Schultze-Kraft, 1986), y *C. brachypodum* y *C. acutifolium* de la

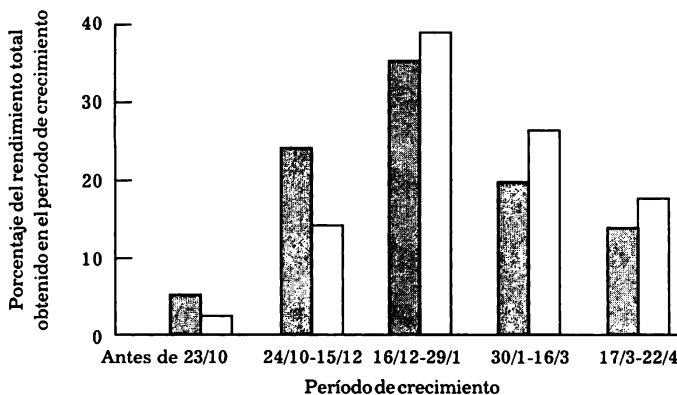


Figura 2. Distribución del rendimiento de forraje de accesiones subtropicales y tropicales de *Centrosema virginianum* durante la época de crecimiento (octubre a abril) en Queensland subtropical. Los datos son promedios de surcos tomados en dos sitios, cortados a intervalos de 6 semanas.
 ■ Promedio de 5 accesiones subtropicales (latitudes 23° a 31°);
 □ Promedio de 11 accesiones tropicales (latitudes 10° a 14°). (Tomado de datos no publicados del experimento descrito por Clements, 1977.)

parte sur del escudo brasileño poseen, aparentemente, buena resistencia al enfriamiento, es decir, a temperaturas moderadamente bajas (R. J. Clements, información no publicada). Los estudios hechos con *C. virginianum* (Clements y Ludlow, 1977) han demostrado que las temperaturas moderadamente bajas con que se induce el 'endurecimiento de las hojas' ejercen poco o ningún efecto en la resistencia de las hojas a las heladas o en la supervivencia de las plantas después de haberse helado. La experiencia hecha en Australia con esta y otras especies indica que las accesiones con buena tolerancia al enfriamiento tienen muy pocas ventajas para tolerar las heladas, si las comparamos con aquéllas que no poseen este mecanismo.

La supervivencia invernal de *C. virginianum* en las zonas subtropicales se apoya en un eficiente mecanismo para evitar las heladas (Clements y Ludlow, 1977; R. J. Clements, información no publicada). Las yemas y hojas expuestas a temperaturas de congelación (-2 a -3 °C) mueren. La muerte de una planta en particular depende de la exposición de sus yemas más bajas a estas temperaturas letales. Esas yemas se hallan, en la mayoría de las plantas, en el nudo cotiledonar. En las accesiones tropicales, los cotiledones quedan de 1 a 3 cm sobre el suelo. A medida que aumenta la latitud del sitio de origen, decrece la altura a la cual se

elevan los cotiledones (Figura 3); las plantas pueden, por tanto, sobrevivir a heladas de radiación progresivamente más frías porque sus yemas más bajas están ubicadas en el aire más caliente próximo al suelo. Cerca de latitudes entre 22° y 25° N en Cuba y E.U., la especie cambia de germinación epigea a hipogea, y produce una corona subterránea. Todavía más al norte, donde hay heladas de convección y el suelo se congela, se desarrolla un profuso sistema radical tuberoso, con yemas subterráneas que se hallan protegidas a profundidades de 1 a 10 cm. Antes de principiar el invierno o durante él, las hojas de estas plantas mueren. Las plantas se tornan latentes, y el rebrote primaveral se nutre de las reservas de hidratos de carbono de las raíces. Estos mecanismos están sometidos a un estricto control genético.

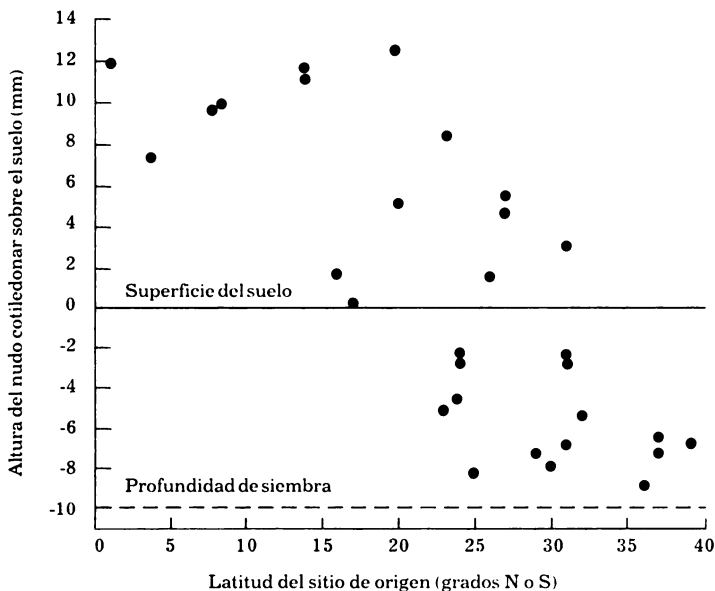


Figura 3. Relación entre la altura del nudo cotiledonar y la latitud del sitio de origen de las accesiones de *Centrosema virginianum*. Las semillas se sembraron en arena a una profundidad de 1 cm. Las condiciones de crecimiento fueron temperatura de 28 °C, fotoperíodo de 14 horas, intensidad de la luz de 450 microneutons, y humedad relativa de 44%. (R. J. Clements, información no publicada.)

Centrosema arenicola posee también un mecanismo para evitar las heladas. Aunque la especie produce tallos rastreros que se enroscan y trepan, también produce estolones que desarrollan raíces centrales engrosadas con coronas subterráneas y que se convierten finalmente en plantas nuevas. Las hojas y los tallos volubles mueren, por lo regular, durante el invierno o antes del comienzo de éste. *Centrosema arenicola* produce muy poca semilla, y la anterior estrategia de reproducción asexual puede compensar en parte su reducida capacidad para reproducirse sexualmente. No está claro si este mecanismo evolucionó como un medio de combatir las heladas o las temperaturas bajas, la quema, la sequía, los suelos infértiles, los depredadores de semilla o de follaje, y algún otro estrés o combinación de estreses.

Los mecanismos de adaptación a la duración del día no se han estudiado cuidadosamente en *C. arenicola* ni en *C. virginianum*. Cerca de Brisbane (27°30' S, 153°00' E), cuya latitud es similar a la de la zona de distribución natural de *C. arenicola*, esta especie empieza la floración en los días más largos del año y florece sólo durante 2 a 3 meses. Este comportamiento sugiere una respuesta fotoperiódica de día largo. Las accesiones de *C. virginianum* de E.U., al norte de la latitud 32° N, aproximadamente, se comportan en forma similar (Clements, 1977, e información no publicada). Este patrón de floración se mantiene entre las latitudes 28° y 32° N, con un aparente aumento en la duración de la floración. En el sur de Florida (24°-28° N), se han recogido especímenes en floración durante todos los meses del año. fenómeno que sugiere que la especie puede ser neutral al día en esas latitudes. La neutralidad al día puede ser característica de las razas tropicales y subtropicales meridionales de *C. virginianum*, a juzgar por los patrones de floración descritos por Clements (1977); no obstante, hay máximos y mínimos estacionales que deben estudiarse más.

Potencial Agronómico de *Centrosema* en las Regiones Tropicales Semiáridas

Las observaciones realizadas en Katherine, Territorio Norte (14°28' S, 131°19' E, clima V3 según Troll, 1966) suscitaron interés en el desarrollo de especies de *Centrosema* para las regiones tropicales semiáridas de Australia a mediados de los años 70. Una accesión de *C. pascuorum*, una de *C. schottii* y tres de

C. brasilianum habían mostrado un crecimiento vigoroso, y persistieron durante 3 años en experimentos de parcela (Winter, 1978). Una evaluación anterior de estas especies en otros sitios del norte de Australia había dado resultados confusos. Se hicieron grandes esfuerzos para multiplicar la semilla de otras accesiones y para obtener nuevas accesiones mediante la introducción de plantas y el intercambio de semilla. A finales de la década de los 70, se evaluaron pequeñas colecciones de cada especie en parcelas pequeñas situadas en Katherine (Clements et al., 1984). Los resultados (Cuadro 2) confirmaron el valor potencial de *C. pascuorum* en este ambiente. Dos accesiones dieron rendimientos de forraje que excedieron 6 t/ha y reservas de semilla que sobrepasaron 1 t/ha en el tercer año. Las tres especies de *Centrosema* fueron más frondosas que *Stylosanthes hamata* cv. Verano. Aunque su rendimiento fue relativamente bajo, se consideró que *C. brasilianum* era una fuente potencial de forraje de alta calidad durante la estación seca. Sin embargo, su capacidad para mantener una población de plantas mediante la regeneración de plántulas es incierta.

De 1976 a 1981 se llevó a cabo un programa de fitomejoramiento de *C. pascuorum* para intentar elevar su producción de forraje y de semilla (Clements et al., 1986; Miles et

Cuadro 2. Rendimiento de forraje, reserva de semilla en el suelo, y relaciones hoja tallo de especies de *Centrosema* y de otras leguminosas sembradas en parcelas pequeñas, en Katherine Research Station, Territorio Norte, Australia.

Especie	Rend. de forraje de leguminosa (t/ha) ^a	Reserva de semilla en el suelo (kg/ha) ^a	Relación hoja-tallo ^a
<i>C. pascuorum</i> ^b	4.3	344	0.92
<i>C. brasilianum</i> ^b	1.8	97	1.04
<i>C. schottii</i> ^c	2.7	296	0.94
<i>M. atropurpureum</i> ^d	2.8	65	0.99
<i>S. hamata</i> ^e	3.7	104	0.51

a. Promedio de 3 años sucesivos (1977/78 a 1979/80); Rend. = rendimiento.

b. Promedio de ocho accesiones.

c. Promedio de dos accesiones.

d. *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro.

e. *Stylosanthes hamata* cv. Verano.

FUENTE: Clements et al., 1984.

al., esta obra). La línea mejorada más destacada se liberó como la variedad Cavalcade en 1984 (New releases..., 1985) después de demostrarse que producía más forraje y semilla que su mejor progenitor (Stockwell et al., 1986).

Durante 1979-1984, la investigación realizada en Australia por el personal de Mt. Bunday Station (13°05' S, 131°00' E), en colaboración con el Northern Territory Department of Primary Production demostró que *C. pascuorum* pudo sobrevivir a una inundación prolongada y crecer vigorosamente a medida que se secaba el suelo (Cameron y McCosker, 1986; McCosker, 1987). Hay inundación estacional en zonas importantes del extremo superior (Top End) del Territorio Norte. Las líneas de floración tardía de *C. pascuorum* son más apropiadas para esta función porque aprovechan mejor las condiciones para el crecimiento de forraje a medida que las aguas de inundación retroceden al finalizar la estación húmeda. Por otra parte, pueden producir un gran volumen de forraje antes de la floración y de la formación de semilla. Se evaluaron las tres accesiones de floración más tardía que estaban disponibles en 1979 (McCosker, 1987), y una de ellas se liberó en 1984 como el cultivar Bunday. La evaluación reciente del conjunto completo de 66 introducciones disponibles en 1984 (Figura 1) ha revelado que Bunday se encuentra entre las accesiones de floración más tardía obtenidas hasta el presente en la recolección de plantas (Thomson et al., 1997). (En el otro extremo, algunas accesiones florecen hasta un mes antes que Cavalcade (Figura 1), lo que sugiere que se podrían desarrollar variedades para regiones que tengan estaciones lluviosas más cortas que Katherine.)

Existe cierta información sobre la producción animal obtenida en pasturas de *C. pascuorum*. Se espera que esta especie sea muy útil en Australia como un alimento animal de alta calidad durante la estación seca. En Katherine, una pastura que contenía una mezcla de accesiones de *C. pascuorum* y gramíneas espontáneas fue pastoreada durante la estación seca (de junio a noviembre) con una carga animal de 3.3 novillos/ha durante 6 años (W. H. Winter, información no publicada). El contenido de leguminosa de la pastura permaneció alto y se obtuvieron con regularidad ganancias de peso de 20 a 50 kg/animal durante la estación seca. Los novillos que pastorearon pasturas nativas, con cargas animales mucho menores durante la estación seca, perdieron peso. También se han obtenido buenas ganancias de peso con ganado bovino mantenido

en pasturas de *C. pascuorum* más residuos de cultivo en la estación seca (Winter et al., 1984). Otra pastura compuesta por una mezcla de líneas mejoradas fue pastoreada durante 9 meses (finales de diciembre a finales de septiembre) con 3.3 novillos/ha. Los animales ganaron más de 150 kg por cabeza durante ese tiempo (W. H. Winter, información no publicada). Las ganancias de peso obtenidas en pasturas inundables sembradas con *C. pascuorum* y *Setaria sphacelata* y pastoreadas durante la estación seca con cargas animales de 1 y de 3 novillas por hectárea fueron, en promedio, de 18 kg por animal a los 5 meses de iniciado el pastoreo (McCosker, 1987).

Hay menos información disponible sobre la producción animal obtenida en las pasturas de *C. brasilianum* de las zonas semiáridas tropicales. En Katherine, una pastura sembrada con una mezcla de accesiones se pastoreó con 3.3 novillos/ha durante la estación seca (junio a noviembre) durante 7 años, con períodos de descanso en algunos años para permitir que la leguminosa se recuperara del intenso pastoreo selectivo. Las ganancias de peso fueron similares a aquéllas obtenidas en las pasturas de *C. pascuorum*; desafortunadamente, el número de plantas de *C. brasilianum* que había en la pastura ha disminuido en forma constante, a pesar de que hubo una producción razonable de semilla en casi todos los años (W. H. Winter, comunicación personal).

Centrosema pascuorum tiene una función potencial en las zonas tropicales semiáridas dado que es una leguminosa de cobertura autoregenerativa que entra en rotación en los sistemas de cultivo. McCown et al. (1985) han hecho investigaciones sobre este asunto y han revisado las realizadas por otros. Varias leguminosas se están evaluando para este sistema de producción aquí propuesto. Algunos resultados importantes relacionados con *C. pascuorum* son los siguientes:

Fija cantidades relativamente grandes de nitrógeno atmosférico (Jones et al., 1982).

Como componente de la asociación, compite con el cultivo por la luz y el nitrógeno y causa por ello una reducción inadmisibles en el rendimiento de grano (Chamberlin et al., 1986; McCown et al., 1983).

A veces se recupera mal, particularmente en un suelo desnudo, propiciando así una invasión de gramíneas (McCown et al., 1985 y 1986).

El ganado bovino que pastorea en pasturas nativas durante la estación húmeda, y que pastorea *C. pascuorum* usado como cobertura junto con residuos del cultivo durante la estación seca, gana mucho más peso que el que pastorea solamente en las pasturas nativas. Sin embargo, quizás no gane más peso que el ganado que pastorea en coberturas de *Stylosanthes hamata* cv. Verano y en residuos de cultivo durante la estación seca (McCown et al., 1986; Winter et al., 1984).

El requerimiento de fósforo de *C. pascuorum* en estos sistemas es similar al de *S. hamata* cv. Verano y al de *Alysicarpus vaginalis* (Probert y McCown, 1985). Otros resultados obtenidos en pruebas de maceta (R. M. Schunke, información no publicada; W. H. Winter, información no publicada) y en parcelas con pasturas (McCosker, 1987) indican siempre que *C. pascuorum* no tiene un alto requerimiento de P.

Centrosema pascuorum ha dado resultados promisorios en Tailandia (Topark-Ngarm y Moolsiri, 1983; Topark-Ngarm et al., 1980), en Nusa Tenggara, Indonesia (Nulik et al., 1986), en Laos, y en Timor, Indonesia (Humphreys et al., esta obra). Los requerimientos específicos para que esta leguminosa tenga éxito todavía no se comprenden bien. Por ejemplo, en Australia, no se ha hallado aún un nicho agrícola fuera de Top End, en el Territorio Norte (Anning, 1982; Clements et al., 1984; Jones, 1979; Teitzel et al., esta obra). A veces, aun en localidades favorables, ha fracasado el establecimiento o la regeneración por razones desconocidas (Clements et al., 1986; McCown et al., 1985 y 1986; Wilaipon, 1981). La escasa supervivencia de la semilla después de la quema, durante la estación seca, fue reportada por Stockwell et al. (1986). El daño causado por los nematodos del nudo de la raíz (*Meloidogyne* sp.) ha sido reportado por Kretschmer et al. (1980) y Clements et al. (1986). Anning (1982) comentó sobre la incapacidad de *C. pascuorum* para resistir la competencia de las gramíneas nativas en el norte de Queensland. En cambio, McCosker (1987) halló que las líneas de floración tardía suprimían las gramíneas nativas en los sitios estacionalmente inundados.

Poco se sabe de los requerimientos que tiene *C. pascuorum* de nutrimentos minerales, a excepción del fósforo. McCosker (1987) obtuvo respuesta al azufre en un suelo, pero no en otro, y no obtuvo respuesta al potasio, al cobre o al molibdeno. La especificidad de *C. pascuorum* por *Rhizobium* no ha sido estudiada. Se sabe que *C. brasilianum* posee un requerimiento específico de *Rhizobium* (Clements et al., 1983b).

Potencial Agronómico de *Centrosema* en las Regiones Subtropicales

La idea de desarrollar especies de *Centrosema* para pasturas subtropicales no es nueva. En Australia, *C. pubescens* se cultivó primero en viveros en Lawes (27°34' S, 152°20' E), cerca de Brisbane, en 1930 (CSIRO, información no publicada). Durante los siguientes 10 años, varias accesiones de *C. pubescens*, *C. plumieri* y *C. virginianum* se cultivaron en Lawes, Fitzroyvale (28°28' S, 150°39' E) y Brisbane (CSIRO, información no publicada; Miles, 1949; Schofield, 1945). Esto ocurrió varios años antes de que las especies de *Centrosema* fueran evaluadas por primera vez en las zonas tropicales australianas (Schofield, 1941). Estos primeros intentos, hechos en Australia y en otros países, para comercializar tales especies en las zonas subtropicales se realizaron con un estrecho rango de material tropical y fueron infructuosos. En vista de la variación existente en *C. pubescens* y en las especies estrechamente relacionadas, un moderno programa de fitomejoramiento podría producir con éxito un cultivar subtropical. Otras especies 'tropicales' de *Centrosema* han sido ensayadas sin éxito en las zonas subtropicales en años recientes.

No se ha probado extensamente la especie subtropical *C. arenicola*. De ella se han hecho muy pocas colecciones. Dos de las accesiones no fueron productivas y no persistieron en los viveros de introducción de plantas cerca de Brisbane.

Las accesiones de *C. virginianum* han sido sometidas a selección en las zonas subtropicales americanas (Vorano et al., esta obra) y en Africa subtropical. En Australia se ha hecho un esfuerzo sostenido para desarrollar a *C. virginianum* para pasturas subtropicales. La especie se introdujo por primera vez en 1931. Para 1986, más de 100 introducciones se habían examinado en

Australia subtropical (Clements, 1977 y 1983a; Teitzel et al., esta obra). Las conclusiones de este trabajo fueron las siguientes: primera, todas estas accesiones presentaron, excepto en los ambientes suaves cerca de la costa, ausencia de vigor después de los primeros años y no pudieron persistir durante el invierno o en períodos secos; segunda, existe variación genética adaptativa útil sobre la cual podría apoyarse un programa de fitomejoramiento (Clements, 1977 y 1983b). De 1973 a 1981, se hizo trabajo de mejoramiento en una serie de sitios subtropicales, principalmente en la Estación de Investigación de Narayen (25°41' S, 150°52' E, precipitación anual promedio 720 mm, 19-45 heladas por año) (Clements, 1983a; Clements y Thomson, 1983). Las líneas mejoradas más sobresalientes de este programa dieron un rendimiento tan alto como Siratro (*Macroptilium atropurpureum*) en parcelas pequeñas en Narayen, durante dos períodos de crecimiento sucesivos. La supervivencia invernal de estas líneas fue excelente en el primer año, pero inferior a Siratro en el segundo. Una mezcla de estas líneas, designadas 'cruzamiento 31', se está evaluando ahora bajo pastoreo en el sudeste de Queensland.

Se dispone de datos de persistencia a largo plazo para algunos de los primeros productos del programa de mejoramiento y para sus líneas progenitoras (Jones y Clements, 1987). Puesto que este material temprano no se adapta bien al ambiente de Narayen, se evaluó en la Estación Experimental de Beerwah (26°50' S, 153°03' E, precipitación anual promedio 1630 mm, 2 a 10 heladas por año). La mejor línea, después de un lento establecimiento, ha persistido durante 8 años bajo pastoreo en rotación, con una carga animal de 1.5 novillos/ha, contribuyendo con 17% a 32% del forraje en oferta al finalizar la época de crecimiento. Otras líneas persistieron bien con esta carga animal hasta el verano excepcionalmente seco de 1985-1986, cuando su comportamiento decayó (Figura 4). Siratro persistió solamente 3 ó 4 años, y Belalto (*C. schiedeanum*) también fracasó durante un verano seco. A una carga animal mayor de 2.3 novillos/ha, ninguna de las líneas de *C. virginianum* persistió.

La escasa información disponible sobre los requerimientos de manejo de las pasturas de *C. virginianum* indica que se debe permitir que la especie forme semilla (Jones y Clements, 1987). No se han estudiado sus requerimientos de fertilización.

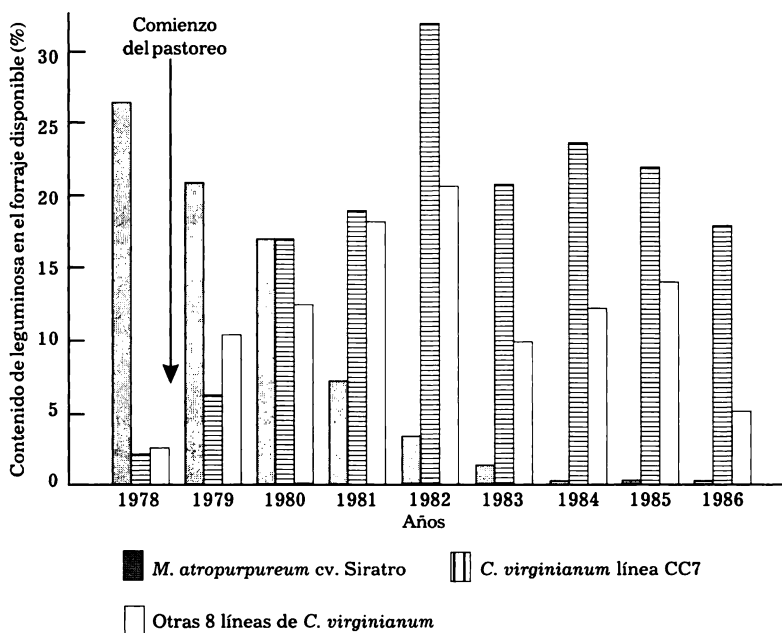


Figura 4. Contenido de leguminosa del forraje a finales del otoño, para pasturas con pastoreo en rotación (1.5 novillos/ha al año) en la costa subtropical de Queensland durante 8 años. Las parcelas se sembraron con *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, o con una línea de *Centrosema virginianum*, y con *Setaria sphacelata* cv. Nandi como gramínea común. (Tomado de Jones y Clements, 1987.)

Centrosema virginianum es sensible a la competencia de las gramíneas durante su establecimiento y es lenta para establecerse (Figura 4); parece que este factor es importante para explicar los resultados variables obtenidos en estudios de parcelas pequeñas. Los nematodos del nudo de la raíz han atacado esta especie en el sudeste de Queensland.

Prioridades de Investigación

El desarrollo de las especies de *Centrosema* para las zonas subtropicales y las zonas tropicales semiáridas ha llegado al estado en que la producción animal, el establecimiento de las pasturas y los estudios de manejo deben tener la más alta prioridad. También se deben buscar formas de aprovechar la gran capacidad de *C. pascuorum* para fijar nitrógeno en los sistemas de cultivo.

Se pueden aplazar la recolección y el mejoramiento de las especies más promisorias hasta definir las deficiencias del material existente (incluyendo aquí las líneas mejoradas). Se necesitan algunas pruebas selectivas simples de *C. brasilianum*, de *C. arenarium* y de *C. rotundifolium* en las zonas tropicales semiáridas de Australia. En otros países se deben comparar las especies de *Centrosema* con otras leguminosas adaptadas a las zonas tropicales semiáridas, empleando pequeñas colecciones representativas. Es necesario estudiar la competencia que se establece entre *C. pascuorum* y las especies de gramíneas asociadas.

Se necesita además que los especialistas investiguen más la rizobiología, la nutrición mineral, las enfermedades y las plagas del género *Centrosema*. La importancia de estos temas se extiende más allá de las regiones consideradas aquí, y los lectores deben consultar las revisiones presentadas en otros capítulos de esta obra.

Referencias

- Anning, P. 1982. Evaluation of introduced legumes for pastures in the dry tropics of north Queensland. *Trop. Grassl.* 16(3):146-155.
- Bowen, G. D. 1959. Field studies on nodulation and growth of *Centrosema pubescens* Benth. *Queensl. J. Agric. Sci.* 16(4):253-265.
- Cameron, A. G. y McCosker, T. H. 1986. Introduced pasture species screening on Mount Bunday Station, N.T., 1979-1983. Technical bulletin no. 97. Northern Territory Department of Primary Production, Darwin, N.T., Australia. 55 p.
- Chamberlin, R. J.; Peake, D. C. I.; McCown, R. L.; Vallis, I.; y Jones, R. K. 1986. Competition for nitrogen between a maize crop and forage legume intercrops in a wet-dry tropical environment. En: Haque, I.; Jutzi, S.; y Neate, P. J. H. (eds.). Potentials of forage legumes in farming systems of sub-Saharan Africa: Proceedings of a workshop held at Addis-Ababa, Etiopía. International Livestock Centre for Africa (ILCA), Addis-Abeba, Etiopía. p. 82-99.

- Clements, R. J. 1977. Agronomic variation in *Centrosema virginianum* in relation to its use as a sub-tropical pasture plant. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 17(85):435-444.
- _____. 1983a. Preliminary evaluation of accessions of *Centrosema virginianum* in sub-humid south-east Queensland. Genetic resources communication no. 4. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), St. Lucia, Qld., Australia. 8 p.
- _____. 1983b. Quantitative genetic analysis of herbage yield in *Centrosema virginianum*. *Trop. Agric. (Trinidad)* 60(4):257-261.
- _____. ; Hayward, M. D.; y Byth, D. E. 1983a. Genetic adaptation in pasture plants. En: McIvor, J. G. y Bray, R. A. (eds.). Genetic resources of forage plants. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Melbourne, Vic., Australia. p. 101-115.
- _____. y Ludlow, M. M. 1977. Frost avoidance and frost resistance in *Centrosema virginianum*. *J. Appl. Ecol.* 14(2):551-566.
- _____. y Thomson, C. J. 1983. Breeding *Centrosema virginianum* in subtropical Queensland. Technical paper no. 26. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), St. Lucia, Qld., Australia. 25 p.
- _____. y Williams, R. J. 1980. Genetic diversity in *Centrosema*. En: Summerfield, R. J. y Bunting, A. H. (eds.). Advances in legume science: Proceedings of the International Legume Conference, Kew, 31 julio-4 agosto 1978, 2 vols. Royal Botanic Gardens, Kew, Surrey, Inglaterra. Vol. 1, p. 559-567.
- _____. ; _____. ; Grof, B.; y Hacker, J. B. 1983b. *Centrosema*. En: Burt, R. L.; Rotar, P. P.; Walker, J. L.; y Silvey, M. W. (eds.). The role of *Centrosema*, *Desmodium*, and *Stylosanthes* in improving tropical pastures. Westview tropical agriculture series no. 6. Westview Press, Boulder, CO, E.U. p. 69-96.
- _____. ; Winter, W. H.; y Reid, R. 1984. Evaluation of some *Centrosema* species in small plots in northern Australia. *Trop. Grassl.* 18(2):83-91.
- _____. ; _____. ; y Thomson, C. J. 1986. Breeding *Centrosema pascuorum* for northern Australia. *Trop. Grassl.* 20(2):59-65.

- Johnson, A. M. 1976. The climate of Peru, Bolivia and Ecuador. En: Schwerdtfeger, W. (ed.). World survey of climatology; climates of Central and South America. Elsevier, Amsterdam, Holanda. Vol. 12, p. 147-218.
- Jones, R. J. 1979. Comparison of legumes on different soils. En: Thompson, P. A. C. (ed.). Divisional report 1978-1979. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), St. Lucia, Qld., Australia. p. 20.
- Jones, R. K.; Peake, D. C. I.; y Winter, W. H. 1982. The effect of various tropical legumes on nitrogen supply. En: Adams, G. T. (ed.). Annual report 1981-82. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Brisbane, Qld., Australia. p. 127.
- Jones, R. M. y Clements, R. J. 1987. Persistence and productivity of *Centrosema virginianum* and *Vigna parkeri* cv. Shaw under grazing on the coastal lowlands of south-east Queensland. Trop. Grassl. 21(2):55-64.
- Kretschmer, A. E., Jr.; Sonoda, R. M.; y Snyder, G. H. 1980. Resistance of *Desmodium heterocarpon* and other tropical legumes to root-knot nematodes. Trop. Grassl. 14(2):115-120.
- Ludlow, M. M.; Chu, A. C. P.; Clements, R. J.; y Kerslake, R. G. 1983. Adaptation of species of *Centrosema* to water stress. Aust. J. Plant Physiol. 10(2):119-130.
- Lyons, J. M. 1973. Chilling injury in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 24:445-466.
- MacArthur, R. H. y Wilson, E. O. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton, NJ, E.U.
- McCosker, T. H. 1987. Agronomic and grazing evaluation of 3 lines of *Centrosema pascuorum* under seasonally flooded conditions in the Northern Territory. Trop. Grassl. 21(2):81-91.
- McCown, R. L.; Chamberlin, R. J.; Jones, R. K.; y Vallis, I. 1983. Crop-intercrop interactions; II: Competition for nitrogen. En: Adams, G. T. (ed.). Annual report 1982-1983. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Brisbane, Qld., Australia. p. 140-141.

- ____; Jones, R. K.; y Peake, D. C. I. 1985. Evaluation of a no-till, tropical legume ley-farming strategy. En: Muchow, R. C. (ed.). *Agro-research for the semi-arid tropics; North-west Australia*. University of Queensland Press, St. Lucia, Qld., Australia. p. 450-469.
- ____; Winter, W. H.; Andrew, M. H.; Jones, R. K.; y Peake, D. C. I. 1986. A preliminary evaluation of legume ley farming in the Australian semi-arid tropics. En: Haque, I.; Jutzi, S.; y Neate, P. J. H. (eds.). *Potentials of forage legumes in farming systems of sub-Saharan Africa: Proceedings of a workshop held at Addis Ababa, Ethiopia*. International Livestock Centre for Africa (ILCA), Addis-Abeba, Etiopía. p. 397-419.
- Miles, J. F. 1949. Plant introduction trials in central coastal Queensland 1936-1946. En: Divisional report no. 6. Division of Plant Industry, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Canberra, A.C.T., Australia. 134 p.
- New releases of pasture plants; Legumes: *Centrosema pascuorum* Mart. ex Benth. (centurion) cv. Cavalcade (Reg. No. B-15b-1). 1985. *Trop. Grassl.* 19(3):141-142.
- Nulik, J.; Andrews, A.; y Jacobsen, C. N. 1986. Evaluation of grass and legume species in swards in Nusa Tenggara. En: Annual report of the Forage Research Project. Balai Penelitian Ternak (Research Institute for Animal Production), Bogor, Java Occidental, Indonesia. p. 28-31.
- Papadakis, J. 1966. *Climates of the world and their agricultural potentialities*. J. Papadakis, Buenos Aires, Argentina.
- Probert, M. E. y McCown, R. L. 1985. The phosphorus requirements of legumes in relation to the nitrogen contribution to following cereal crops. En: Adams, G. T. (ed.). *Annual report 1984-1985*. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Brisbane, Qld., Australia. p. 123.
- Ratisbona, L. R. 1976. The climate of Brazil. En: Schwerdtfeger, W. (ed.). *World survey of climatology; climates of Central and South America*. Elsevier, Amsterdam, Holanda. Vol. 12, p. 219-293.
- Sarmiento, G. 1984. *Estructura y funcionamiento de sabanas neotropicales*. Harvard University Press, Cambridge, MA, E.U. 246 p.

- Schofield, J. L. 1941. Introduced legumes in north Queensland. Queensl. Agric. J. 56:378-388.
- _____. 1945. Tropical legumes in south-eastern Queensland. Queensl. Agric. J. 61:133-143.
- Schultze-Kraft, R. 1986. Natural distribution and germplasm collection of the tropical pasture legume *Centrosema macrocarpum* Benth. Angew. Bot. 60(5-6):407-419.
- _____. y Belalcázar, J. 1988. Germplasm collection and preliminary evaluation of the pasture legume *Centrosema brasilianum* (L.) Benth. Trop. Agric. (Trinidad) 65(2):137-144.
- _____. y Keller-Grein, G. 1985. Testing new *Centrosema* germplasm for acid soils. Trop. Grassl. 19(4):171-180.
- Snow, J. W. 1976. The climate of northern South America. En: Schwerdtfeger, W. (ed.). World survey of climatology; climates of Central and South America. Elsevier, Amsterdam, Holanda. Vol. 12, p. 295-403.
- Stockwell, T. G. H.; Clements, R. J.; Calder, G. J.; y Winter, W. H. 1986. Evaluation of bred lines of *Centrosema pascuorum* in small plots in north-west Australia. Trop. Grassl. 20(2):65-69.
- Thomson, C. J.; Clements, R. J.; y Schultze-Kraft, R. 1997. An evaluation of seventy-one accessions of *Centrosema pascuorum* at Katherine, Northern Australia. Genetic Resources Communication No. 25, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) Tropical Agriculture, St. Lucia, Qld., Australia. 14 p.
- Topark-Ngarm, A. y Moolsiri, A. [1983]. Forage yield and perenniality of new introduced twining pasture legumes; II: Performance in the second year. En: Khon Kaen University, Faculty of Agriculture. Pasture Improvement Project 1981-1982 annual report. Khon Kaen, Tailandia. p. 13-16.
- _____. ; Waranyuwat, A.; Akkasaeng, R.; Lowilai, P.; Srinaka, C.; y Srisawat, P. [1980]. Forage legume regional yield trial. En: Khon Kaen University, Faculty of Agriculture. Pasture Improvement Project 1979 annual report. Khon Kaen, Tailandia. p. 12-14. (Mecanografiado.)

- Troll, C. 1966. Seasonal climates of the earth: The seasonal course of natural phenomena in the different climatic zones of the earth. En: Landsberg, H. E.; Lippmann, H.; Paffen, Kh.; y Troll, C. World maps of climatology (Weltkarten zur Klimakunde). 3a ed., editada por E. Rodenwaldt y H. J. Jusatz. Springer-Verlag, Berlin. p. 19-28. (Edición bilingüe inglés-alemán.)
- Wilaipon, B. [1981]. Effect of fencing and cultivation on the establishment and growth of five forage legumes on private and communal grazing areas in northeast Thailand. En: Khon Kaen University, Faculty of Agriculture. Pasture Improvement Project 1980 annual report. Khon Kaen, Tailandia. p. 34-37.
- Winter, W. H. 1978. Legume evaluation in N.W. Australia. En: Thompson, P. A. C. (ed.). Divisional report 1977-1978. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), St. Lucia, Qld., Australia. p. 38.
- ____; McCown, R. L.; y Jones, R. K. 1984. Cattle production in a ley farming system. En: Adams, G. T. (ed.). Annual report 1983-1984. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), St. Lucia, Qld., Australia. p. 135.