Reg. 63285

LIBERACION DE *ANDROPOGON GAYANUS* Y EVIDENCIA INICIAL DE SU ADOPCION E IMPACTO EN AMERICA TROPICAL

Carlos Seré y John E. Ferguson*

Introducción

El objetivo final de todo proceso de investigación agropecuaria aplicada es generar tecnología útil para los productores. Para lograrlo, la tecnología propuesta debe ser apropiada a los sistemas de producción de ganado; además, debe hacerse conocer de manera efectiva, y ponerse a disposición de los productores. Sólo si se dan estas condiciones es posible esperar que los ganaderos decidan probar la tecnología y, eventualmente, incorporarla definitivamente a su sistema de producción.

En general, se acepta que la nueva tecnología o el cultivar propuestos para un sistema de producción son atractivos para el productor si aumentan los niveles de producción o reducen tanto costos como riesgos a nivel de la finca —o si logran ambas cosas. Si el proceso de adopción es importante, sus efectos se sentirán en el sector agropecuario y, por ende, en la economía regional o nacional.

El proceso de desarrollo de un cultivar que se desea liberar y su adopción generalizada en una región toman varios años, aun tratándose de cultivos anuales. Puede esperarse además que una especie forrajera perenne como *Andropogon gayanus,* destinada a sistemas extensivos de producción pecuaria en áreas de frontera agrícola, se difunda con mucha más lentitud.

* Carlos Seré es economista agrícola, sección de Economía del Programa de Pastos Tropicales del CIAT, Cali, Colombia; John E. Ferguson es agrónomo, sección de Producción de Semillas del mismo Programa.

A. gayanus fue liberado comercialmente en 1980 en Brasil y Colombia, en 1982 en Perú y Venezuela, en 1983 en Panamá y en 1987 en México. Aunque es posible que los estudios de adopción e impacto parezcan prematuros, los autores consideran que las experiencias ganadas en la liberación de un cultivar ayudan a percibir ciertas tendencias. Este conocimiento haría más eficiente, en otras regiones, el proceso de liberación y difusión de *A. gayanus* y de otros cultivares de gramíneas y leguminosas.

El Proceso de Liberación en Varios Países

El proceso formal de liberación consiste en la transición organizada que confiere a una accesión de germoplasma —considerada sobresaliente por uno o más de sus caracteres según evaluaciones sistemáticas— el status genético de cultivar. Además, este proceso facilita el suministro de semilla comercial. Una perspectiva general del proceso de liberación, que es particularmente complejo y dinámico en los nuevos cultivares de especies forrajeras, fue descrita por Ferguson (1985) en términos de sus componentes y de su secuencia de eventos. Aunque es relativamente fácil dar un nombre a un cultivar, es mucho más difícil desarrollar una estrategia para la producción y distribución adecuada de la semilla del nuevo cultivar en el mercado. Este proceso requiere tiempo, calificándose de efectiva la liberación de un cultivar sólo cuando se logra colocar en el mercado una cantidad inicial de semilla comercial.

Quienes tomaron parte en la liberación de *A. gayanus* tuvieron poca información previa, porque les faltaba experiencia en la liberación formal de cultivares forrajeros en sus países. El proceso de liberación se cumplió de manera independiente en cada país. En Colombia y Brasil se escribieron propuestas para iniciar la fase de revisión de información dentro del proceso de liberación; en Colombia se practicó además, como estrategia, una fase de preliberación —mientras se hacía la multiplicación de semilla básica— para estimular un debate técnico. En Panamá, y sólo en este país, más de una institución tomó la decisión de liberar el cultivar. Las experiencias con *A. gayanus* sugieren la

conveniencia de una comisión nacional que coordine los diversos componentes y fases del proceso de liberación.

La multiplicación de semilla básica recibió el énfasis apropiado. En Colombia y Brasil, el Programa de Pastos Tropicales y la Unidad de Semillas del CIAT hicieron una amplia multiplicación de semilla básica mediante un acuerdo previo logrado durante la fase de revisión. Esta semilla se vendió luego a las instituciones nacionales que organizaban la liberación. Por su parte, las instituciones nacionales también multiplicaron semilla básica adicional.

Durante 1980-1986, la accesión denominada CIAT 621 fue liberada formalmente en Colombia, Brasil, Venezuela, Perú y Panamá, y se libera actualmente en México (Cuadro 1). Es importante anotar que a esta sola accesión se le han asignado seis nombres diferentes como cultivares nacionales (Carimagua 1, Planaltina, San Martín, Sabanero, Llanero y Veranero), todos los cuales tienen el mismo origen genético. Es preferible mantener un solo nombre para un cultivar particular, pero es también natural que cada país desee darle a éste un nombre propio.

Cuadro 1. Datos sobre el proceso de liberación de la accesión CIAT 621 de *Andropogon gayanus* en varios países.

País	Nombre del cultivar	Liberación decidida en:		Fuente de semilla básica	Liberación efectiva en año:
		Institución	Año		
Colombia	Carimagua 1	ICA	1980	CIAT	1981
Brasil	Planaltina	EMBRAPA/ CPAC	1980	CIAT y EMBRAPA	1981
Venezuela	Sabanero	FONAIAP	1982	CIAT	1984
Perú	San Martín	INIPA	1982	INIPA y CIAT	1984
Panamá	Veranero	IDIAP, Universidad de Panamá, Banco Nacional de Panamá	1983	CIAT y local	1985
México	Llanero	INIFAP	1987	Local y CIAT	—

Ferguson et al. (1985) llamaron la atención sobre esa situación para evitar confusiones en la identificación de los cultivares. Hoy en día, los nombres del cultivar son poco usados en el mercado, y el nombre más utilizado es 'Andropogon'.

La accesión CIAT 621 es una introducción heterogénea. Esta condición, combinada con una reproducción sexual por polinización cruzada (Foster, 1962), con la sensibilidad al fotoperíodo (Tompsett, 1976), y con la ausencia de certificación de la semilla, crea la posibilidad de que ocurra, con el tiempo, un sesgo genético (genetic shift) entre lotes de semilla procedentes de diferentes países.

Las instituciones nacionales hicieron algunas variaciones en la fase verdadera de la liberación. Esta comprendía principalmente la distribución de la semilla básica, los días de campo, y la publicación de boletines informativos. Por su parte, el CPAC en Brasil distribuyó pequeñas muestras de semilla a muchos ganaderos. En Colombia, el ICA vendió semilla básica a las empresas semillistas y a los ganaderos interesados; de ahí en adelante este instituto no intervino más en la liberación, y el mercado de semilla comercial se desarrolló por la acción de las fuerzas de oferta y demanda. En Brasil y Venezuela, una institución nacional dio asistencia técnica a los primeros productores de semilla mediante contratos de 1 a 2 años de duración.

El lapso entre la distribución inicial de semilla básica y la liberación efectiva (es decir, hasta la disponibilidad de semilla comercial en el mercado) fue generalmente de dos años. La decisión de iniciar, en Colombia y Brasil, una producción comercial de semilla en pequeña escala antes de la fase verdadera de liberación, aceleró el proceso.

Participación de la Industria Semillista en la Difusión y Adopción de *A. gayanus*

A. gayanus era desconocido para la industria de semillas existente y para los clientes potenciales, es decir, los ganaderos. Sin embargo, era otra gramínea introducida de Africa y esto generó expectativas.

Aunque había una buena cantidad de semilla básica, ésta no se pudo distribuir directamente a los productores de semilla que tenían experiencia, porque eran pocos en número y algunos no demostraron mucho interés por el cultivar. La mayor parte de la semilla básica se distribuyó a los ganaderos interesados en evaluar personalmente el potencial forrajero del cultivar. Se desarrolló así, gradualmente, un grupo de multiplicadores de semilla.

Tres tipos de entidades tuvieron una participación significativa en la generación de una oferta comercial de semilla de *A. gayanus:*

1. Los adoptadores iniciales, es decir, los ganaderos innovadores que fueron los primeros en sembrar el pasto. Una vez establecidas sus pasturas vieron la posibilidad de cosechar la semilla. Esta práctica fue particularmente atractiva dados los elevados precios iniciales del cultivar, su alta tasa de producción de semilla, y la facilidad con que ésta se cosechaba. La cosecha se hacía generalmente a mano aunque en Brasil se utilizaron también cosechadoras combinadas.

   La mayoría de los ganaderos innovadores utilizaron la semilla cosechada para hacer más siembras del pasto en sus propias fincas (autoabastacimiento de semillas). Algunos vendieron semilla a sus vecinos o a empresas de semillas. Esta actividad condujo a la reducción paulatina de los precios. A medida que el precio descendía en el mercado y que mayor área de sus fincas se sembraba con este cultivar, el interés de estos multiplicadores se redujo.

2. Empresas de semillas ubicadas cerca de las regiones de adopción inicial. Estas empresas produjeron semilla de *A. gayanus* mediante contratos de participación con los adoptadores iniciales. Su tarea principal era ejecutar la cosecha, el acondicionamiento, el almacenamiento, la distribución, la promoción, y la venta de la semilla.

   Es interesante notar que estas empresas eran generalmente pequeñas y de reciente fundación. Se pueden clasificar en dos tipos:

- *Empresas distribuidoras de insumos.* Estas empresas están en estrecho contacto con los adoptadores tempranos y están ubicadas en la región apta para el uso del pasto; viendo el comportamiento de éste decidieron incluir semillas de *A. gayanus* entre sus productos.

- *Pequeñas empresas semillistas.*Son empresas de ámbito regional que pudieron observar tempranamente el comportamiento de *A. gayanus,* y decidieron incluirlo entre los materiales producidos y comercializados por ellos. Estas empresas contaban con cierta experiencia en el manejo de semilla de otras gramíneas forrajeras como *Panicum maximum* y *Brachiaria* spp., y disponían de la infraestructura necesaria.

3. Otros promotores iniciales de *A. gayanus.* Además de los ganaderos y semillistas de tipo regional antes mencionados, se observó que algunos consultores e investigadores, aunque pocos en número, tuvieron un rol muy significativo en el proceso de difusión del cultivar. Su labor fue notable, particularmente si se recuerdan las limitadas actividades de los servicios de extensión y de otras entidades públicas en las etapas finales de la liberación del cultivar. Vale la pena destacar la contribución hecha al proceso de difusión por un programa de televisión rural en Brasil, en que se entrevistó a investigadores del centro que había liberado el cultivar y se mostraron pasturas establecidas en fincas de la región.

En resumen, la ausencia de una actividad oficial de promoción determinó que, en las etapas iniciales de difusión, *A. gayanus* fuera manejado por ganaderos y pequeñas empresas semillistas de las regiones con capacidad para adoptarlo. La facilidad de cosechar la semilla de este cultivar, la baja relación peso/volumen de la semilla, y la dificultad para limpiarla mecánicamente explican la ventaja comparativa de este tipo de empresas en relación con las grandes empresas nacionales o multinacionales.

Estudios de Adopción e Impacto

Los estudios de adopción son un instrumento eficiente para documentar el grado de éxito logrado por una actividad de

investigación. Son también un instrumento valioso para identificar las razones que llevan a la adopción, los ajustes que requiere el sistema de producción, y las limitaciones del cultivar que tal vez requieran esfuerzos adicionales de investigación.

Dado el alto costo y la larga duración de los experimentos sobre ganadería y pasturas, los autores consideran que la evaluación del comportamiento de una tecnología a nivel de la finca es muy importante para las entidades de investigación y extensión.

Las formas típicas de multiplicación de *A. gayanus* dificultan los estudios de adopción, porque además de su fácil producción en las fincas, el libre intercambio o comercialización entre regiones vecinas, por fuera de los canales comerciales formales, entorpece la cuantificación de las áreas sembradas. Tampoco es posible estimar esas áreas según el volumen del producto vendido en el mercado, ya que, como especie forrajera, es un producto intermedio de la producción de carne y leche.

Otra dificultad reside en que es un cultivo perenne de persistencia variable, lo que implica la necesidad de cuantificar las tasas de degradación. Pero dado el carácter reciente de la liberación del cultivar no fue posible obtener esta información mediante encuestas.

La técnica convencional de usar muestreos al azar para estimar las tasas de adopción y caracterizar a los adoptadores es costosa, y su efectividad se reduce cuando se analizan procesos incipientes de adopción, dadas las bajas tasas de adopción que se observan; es decir, hay que encuestar a un gran número de los que no adoptan el pasto para obtener un número suficiente de adoptadores que permita hacer inferencias sobre las características de éstos. La alternativa es seguir una metodología basada en un muestreo dirigido de adoptadores tempranos. Estos muestreos se inician con la obtención de un listado completo de los que compran semilla en las casas comerciales. En el curso de la encuesta se obtienen más nombres de adoptadores tempranos, tanto de otros adoptadores tempranos, como de extensionistas y de otros informantes familiarizados con el material.

El objeto de estas encuestas es determinar las características de los adoptadores tempranos, los mecanismos de difusión del material, los usos del cultivar en el sistema de producción, y las opiniones del productor en cuanto a las ventajas y los inconvenientes del material. No pretenden cuantificar la tasa de adopción. Una variable particularmente interesante es el área ocupada en la finca por el cultivar, tanto en unidades físicas como en porcentaje, y los factores que determinaron el tamaño de esa área.

A continuación se presentan, en forma resumida, algunos estudios de adopción e impacto que se hicieron siguiendo, en líneas generales, esta metodología.

Adopción de *A. gayanus* en Colombia, 1983

Este primer estudio ejecutado a fines de 1983 se comunicó en detalle en los informes anuales de 1983 y 1984 del Programa de Pastos Tropicales (CIAT, 1984; CIAT, 1985). El Cuadro 2 presenta la evolución del área de *A. gayanus* en 57 fincas que adoptaron tempranamente este cultivar en Colombia durante el período 1979-1983. Lo que más llama la atención es la movilización de *A. gayanus* fuera de los Llanos Orientales, particularmente hacia la costa norte, manifestada en mayores áreas sembradas con este cultivar y en el interés por producir su semilla en esa región.

Cuadro 2. Evolución del área sembrada con *Andropogon gayanus* en 57 fincas de adopción temprana en Colombia, en 1979-1983.

	Area sembrada (ha) en:				
Región	1979	1980	1981	1982	1983
Llanos Orientales	5	191	560	1682	2087
Magdalena medio	8	36	205	705	1013
Costa norte	29	129	624	1208	1902
Total	42	356	1389	3595	5002

Lo que los productores esperaban de *A. gayanus* se relacionaba claramente con los problemas de las regiones: forraje para la época seca en la Costa Norte, y pastura adaptada a los suelos pobres en la región del Magdalena Medio donde la época seca no es tan severa. En los Llanos Orientales, en cambio, no se encontró un patrón definido de las ventajas esperadas del cultivar.

Resulta interesante observar que la habilidad de *A. gayanus* para asociarse con las leguminosas —uno de sus principales méritos desde la perspectiva de los investigadores— fue mencionada una sola vez en el estudio de 1983. Este resultado refleja el escaso conocimiento que los ganaderos tenían del papel de las leguminosas en las pasturas.

Adopción e impacto de *A. gayanus* en la costa norte de Colombia

La primera encuesta había revelado buena adaptación de *A. gayanus* en la costa norte de Colombia, especialmente en el Departamento del Cesar. Una visita a esta región reveló que unos pocos empresarios producían, en grandes fincas, de 60 a 70 toneladas de semilla al año. Parte de ésta se vendía a comerciantes de semilla en los Llanos Orientales y en Venezuela pero la mayor cantidad se empleaba en la costa norte y, en particular, en el Departamento del Cesar.

Este resultado condujo a una encuesta de adoptadores tempranos en 1985. Se obtuvieron listas de compradores de semilla en las principales firmas productoras. Se tomó una muestra al azar entre las personas que compraron menos de 200 kg y se incluyeron todos los compradores de más de 200 kg. La encuesta contenía preguntas sobre las características generales de la finca, el manejo de las pasturas, en especial las de *A. gayanus,* y sobre los planes futuros de los compradores respecto a este cultivar. Se visitaron lotes de *A. gayanus,* se tomaron muestras de suelo, y se hicieron las siguientes medidas: profundidad del suelo, tamaño de la planta (diámetro de las matas madres), y densidad de plantas tanto de *A. gayanus* y otras gramíneas como de leguminosas y malezas (número de plantas en

un trayecto de muestreo de 5 m). En total, 66 fincas fueron encuestadas y se analizaron 1103 trayectos de muestreo de 5 m.

La Figura 1 muestra la distribución de las fincas encuestadas en el Departamento del Cesar, clasificadas por el tamaño del área en que *A. gayanus* se había establecido. Sin duda, la adopción se ha concentrado en la parte norte del departamento.

Las fincas se clasificaron en tres categorías según el área sembrada con *A. gayanus* que tenía cada finca al momento de la encuesta. El tamaño de las fincas y el uso que dan a la tierra difieren notoriamente entre las categorías (Cuadro 3). Estos datos indican claramente un mejor desempeño de la tecnología en las fincas más grandes, donde hay generalmente una mayor proporción de tierras marginales y donde el uso de la tierra en ganadería tiene mayor importancia relativa. Sin embargo, aun las fincas más grandes incluyen cultivos comerciales y de subsistencia en los suelos más fértiles.

La producción animal en el Departamento del Cesar comprende un importante sistema de producción de doble propósito (carne y leche) y la ceba de novillos. La importancia relativa del doble propósito es mayor en las fincas pequeñas (Cuadro 4) donde hay menos *A. gayanus* y más de otras pasturas

Cuadro 3. Uso del suelo en las fincas que adoptan a *A. gayanus* en el Departmento del Cesar, Colombia.

Variable de encuesta	Categoría de la finca[a]		
	(1-20 ha)	(21-50 ha)	(> 50 ha)
Fincas encuestadas (no.)	37	18	11
Area (ha) con:			
• *A. gayanus*	8	35	182
• *P. maximum* + *H. rufa* + *D. aristatum*	126	438	570
• Sabanas	98	30	225
• Otros pastos y barbechos	112	66	114
• Cultivos	23	105	67
Area total de la finca (ha)	367	674	1158

a. Los paréntesis contienen el área sembrada con *A. gayanus* (rangos, en hectáreas) en cada categoría.

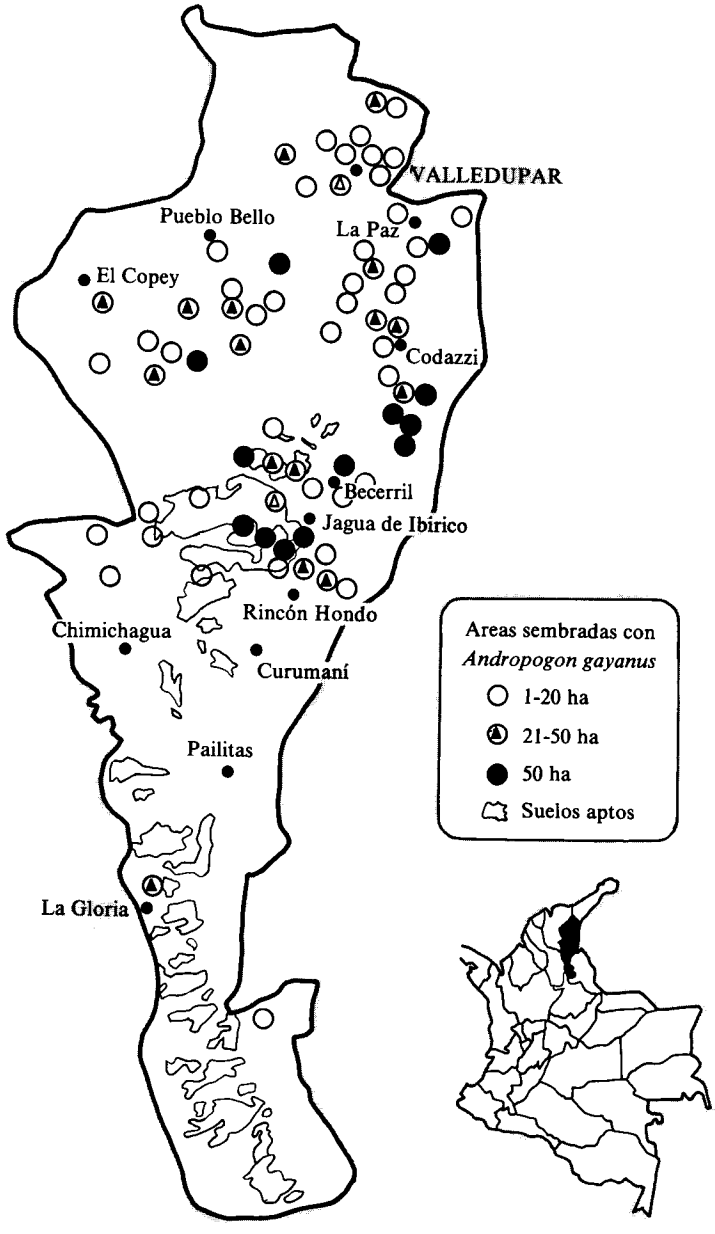

Figura 1. Localización de las fincas encuestadas en el Departamento del Cesar, Colombia.

Cuadro 4. Inventario ganadero de las fincas que adoptan a *A. gayanus* en el Cesar, Colombia.

Animales	Categoría de la finca:[a]					
	(1-20 ha)		(21-50 ha)		(> 50 ha)	
	Epoca seca	Epoca húmeda	Epoca seca	Epoca húmeda	Epoca seca	Epoca húmeda
Vacas de doble propósito (no.)	107	112	117	127	402	409
Novillos (no.)	56	83	178	199	506	528
Total, en hato	348	381	607	654	1306	1423

a. Los paréntesis contienen el área sembrada con *A. gayanus* (rangos, en hectáreas) en cada categoría.

(Cuadro 3). Sin embargo, el número absoluto de vacas de doble propósito se incrementa sustancialmente en la categoría en que se siembran más de 50 ha de *A. gayanus*.

Para ilustrar el proceso de adopción temprana, se construyó un árbol diagramático de decisión que indicaba el número de agricultores que continuaban sembrando *A. gayanus* una vez que lo habían ensayado, y el promedio de área sembrada por aquéllos que continuaban expandiendo el área útil de la finca (Figura 2). Este análisis se hizo para cada año desde la fecha de la liberación original del cultivar. Los datos de 1985 no figuran porque la encuesta se realizó antes de que terminara la época de siembra. El primer año es atípico porque el ganadero que introdujo el material en la región encontró un buen mercado para su semilla y continuó expandiendo el área sembrada para incrementar la producción de semilla. En los años siguientes, el número de finqueros aumentó y ya hay 20 con áreas sembradas relativamente significativas. Estas áreas iniciales tienden a aumentar en tamaño con el tiempo, lo que refleja la confianza creciente en la tecnología, un menor precio de la semilla, y una amplia oferta de la misma.

Al mismo tiempo, un número significativo de personas que sembraban por primera vez abandonaban esa pastura, mientras que los verdaderos adoptadores aumentaban rápidamente el tamaño de su pastura. Este resultado parece indicar que un gran

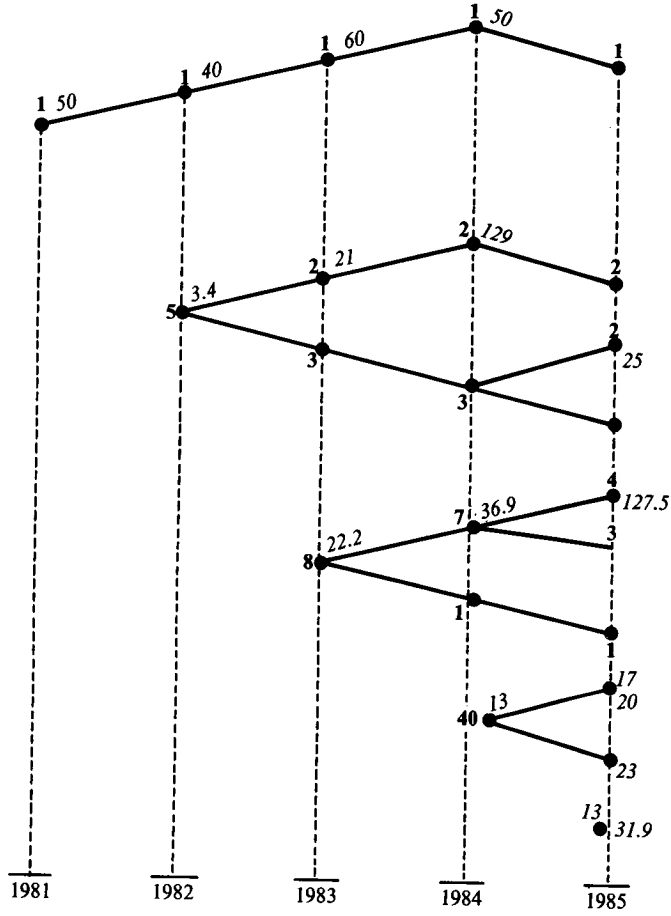

Figura 2. Secuencia de adopción de *A. gayanus:* número de adoptadores (cifra en negrita) que continuaron ampliando el área sembrada con *A. gayanus* (cifra en bastardilla) en el Departamento del Cesar, Colombia. Un ejemplo aclarará el diagrama: en 1982, cinco finqueron sembraron, cada uno, en promedio, 3.4 ha con *A. gayanus.* Al año siguiente, dos de estos cinco ganaderos ampliaron el área sembrada hasta tener cada uno, en promedio, 21 ha con *A. gayanus;* los otros tres no lo sembraron este año, ni en 1984 (año en que los dos primeros sembraron , en promedio, 129 ha). En 1985, dos de los tres últimos ganaderos sembraron de nuevo la gramínea, a un promedio de 25 ha cada uno; el tercero de éstos decidió no sembrarla, y lo mismo hicieron los dos primeros.

número de productores ensayaron un nuevo cultivar de gramínea que prometía adaptarse bien a los suelos pobres. Muchos hallaron que el pasto no era apto para las condiciones de su finca y otros, después de sembrarlo varios años, cubrieron con el nuevo material toda la tierra de la finca apropiada para éste, y luego descontinuaron las siembras. Este fenómeno es importante en la adopción de praderas que, por ser perennes, se comportan de modo diferente al de los cultivos anuales.

Las grandes variaciones en calidad observadas en los lotes de *A. gayanus* indicaban la necesidad de un análisis de regresión para explicar los principales factores que afectaban la expansión del área sembrada. En el Cuadro 5 se presenta el análisis realizado en todos los lotes muestreados, con excepción de los sembrados en 1985: a la fecha del estudio, éstos se hallaban en fase de establecimiento, por lo cual sus datos sobre cobertura del pasto no podían evaluarse. Los siguientes son los principales resultados de ese análisis:

- Los suelos mal drenados tienen un efecto muy negativo.
- Los lotes en que se sembró antes un cultivo tienen un mayor índice de cobertura.
- Incrementos en el porcentaje de arena del suelo producían mayores índices de cobertura de *A. gayanus.*
- La profundidad del suelo ejerce un efecto que no es lineal: los suelos superficiales tienen un efecto negativo notorio en los lotes de *A. gayanus.*
- La salinidad afecta negativamente a *A. gayanus,* aun en niveles bajos (menos de 1 mmho/cm).
- Hay alta correlación positiva entre los índices de aluminio y los índices de cobertura, que confirman la adaptación del pasto a los suelos ácidos.
- *A. gayanus* reacciona negativamente a las siembras tardías.

Aunque ninguna variable de manejo, como el régimen de pastoreo, la carga o el control de malezas, se incluye en el

Cuadro 5. Modelo explicativo de la cobertura de *A. gayanus* en los suelos del Departamento del Cesar, Colombia, hasta 1985.

Variables independientes[a]	Media	Rango	Coeficiente de regresión (β)	Significancia (α)
1. Constante			-101.786	—
2. VB[b] (dummy): suelo mal drenado			-159.811	0.001
3. Densidad de siembra (kg/ha)	10.72	4-25	6.131	0.001
4. VB[b] (dummy): uso previo del lote (cultivos)			97.952	0.001
5. Arena (%)	43.39	4.3-78	2.261	0.001
6. Raíz cuadrada de la profundidad del suelo (cm)	3.75	1-8.36	46.309	0.001
7. Salinidad (mmho/cm)	0.47	0-3.75	-72.620	0.003
8. Salinidad al cuadrado	0.72	0-14.06	6.622	0.390
9. Aluminio (meq/100 g suelo)	0.04	0-1.30	385.861	0.001
10. VB[b] (dummy): siembras tardías			105.284	0.001
Observaciones (no.)			982	
Coeficiente de determinación múltiple (R^2)			0.431	

a. La variable dependiente es el índice de cobertura de *A. gayanus* (cm/5 m de trayecto de muestreo).
b. VB = variable binaria.

análisis, este modelo explica el 43% del total de la varianza encontrada y muestra la importancia de las características del suelo y del manejo en los distintos niveles de productividad de esta gramínea.

Un segundo modelo se empleó para las fincas con más de 10 ha de *A. gayanus,* que confirmó básicamente los resultados del primer modelo y elevó el coeficiente de determinación a 54% (Cuadro 6).

La información anterior se usó para desarrollar un modelo de regresión que permitiera explicar cuánta área, por finca, se sembraba con *A. gayanus* (Cuadro 7). El aluminio ejerció nuevamente su influencia en el área sembrada, y lo mismo hizo la disponibilidad de áreas de sabana dentro de la finca. Estos resultados indican que hay áreas arenosas e infértiles sin vegetación arbórea, que serían aptas para sembrar *A. gayanus* aunque esté presente en ellas el Al. Finalmente, el número de años en que el ganadero ha sembrado el cultivar estaba directamente relacionado con el área sembrada. Esto refleja la influencia de la limitada disponibilidad de semilla en los primeros años y la capacidad de los finqueros de producir su propia semilla cuando desean expandir el área sembrada con *A. gayanus.* Los factores mencionados anteriormente explican el 60% de la varianza total observada en el área sembrada con *A. gayanus* en las fincas.

La estrecha relación hallada entre las características del suelo, de una parte, y el comportamiento de *A. gayanus* y su mayor cobertura a nivel de finca, de la otra, llevó a clasificar las muestras de suelo tomadas para la siembra de *A. gayanus* en 'potenciales' si en el suelo había aluminio, 'no aptas' cuando se detectaba salinidad, e 'intermedias' cuando no se encontraba ni aluminio ni salinidad en el suelo. Se compararon muestras de suelo en parcelas 'fértiles' donde crecían pasturas de *Panicum maximum* y *Dichantium aristatum.* Aun los suelos potenciales son sustancialmente más ricos en fósforo, potasio, calcio y magnesio que los suelos típicos de los Llanos Orientales de Colombia, cuya saturación de Al es alta y donde se encuentra sólo una cuarta parte de los nutrimentos esenciales (Cuadro 8).

Cuadro 6. Modelo explicativo (fincas >10 ha) de la cobertura de *A. gayanus* en suelos del Departamento del César, Colombia, en 1985.[a]

Variables independientes[b]	Media	Rango	Coeficiente de regresión (β)	Significancia (α)
1. Constante			-96.047	—
2. VB[c] (dummy): suelo pobremente drenado			-163.608	0.001
3. Densidad de siembra (kg/ha)	10.75	4-25	2.433	0.238
4. VB[c] (dummy): uso previo del lote (cultivos)			193.048	0.001
5. Raíz cuadrada de la profundidad del suelo (cm)	3.89	1-8.36	65.364	0.001
6. Salinidad (mmho/cm)	0.24	0-2.35	-252.572	0.001
7. Salinidad al cuadrado	0.23	0-5.52	184.173	0.004
8. Aluminio (meq/100 g suelo)	0.07	0-1.30	396.995	0.001
9. Sodio (meq/100 g suelo)	0.11	0-5.90	-247.831	0.001
10. Descanso (días)	32.96	0-180	2.573	0.001
Observaciones (no.)			585	
Coeficiente de determinación múltiple (R^2)			0.543	

a. Excluye las siembras de 1985.
b. La variable dependiente es el índice de cobertura de *A. gayanus* (cm/5 m de trayecto de muestreo).
c. VB = variable binaria.

Cuadro 7. Modelo explicativo del área sembrada con *A. gayanus* por finca en el Departamento del Cesar, Colombia, en 1985.

Variable independiente[a]	Coeficiente de regresión (β)	Significancia (α)
1. Constante	-0.397	-
2. Aluminio (meq/100 g suelo)	137.077	0.025
3. Areas en sabana (ha)	-0.134	0.086
4. Número de años sembrando *A. gayanus*, al cuadrado	14.608	0.000
5. Area en sabana, al cuadrado (ha)	8.655	0.101
Observaciones (no.)		66
Coeficiente de determinación múltiple (R^2)		0.596

a. La variable dependiente es el área sembrada (ha) con *A. gayanus* en cada finca.

Cuadro 8. Suelos de las fincas en que se siembra *A. gayanus*, en el Departamento del Cesar, Colombia.

Variable	Suelos del Cesar				Suelos de los Llanos Orientales
	Apto	Intermedio	No apto	Fértil	
Muestras (no.)	9	39	47	32	(18)[a]
pH	5.08	5.77	6.86	6.29	4.50
P (ppm)	11.07	35.68	103.00	74.10	1.60
K (meq/100 g)	0.16	0.29	0.53	0.43	0.08
Ca (meq/100 g)	1.51	5.60	15.22	9.47	0.10
Mg (meq/100 g)	0.32	1.19	2.69	2.19	0.02
Saturación de Al (%)	24.90	0.00	0.00	0.00	93.30

a. Perfiles de 0-20 cm representativos de esa región (Proyecto ETES).

Esta diferencia contribuye a explicar por qué *A. gayanus* no es fertilizado en la costa norte de Colombia. La reducción en los costos, comparada con los requerimientos de fertilización para el establecimiento de la gramínea en los Llanos, es una de las razones de la elevada tasa de adopción de ésta en el Cesar.

El ICA suministró un mapa de Colombia producido por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) que permitía

identificar unidades de suelo que contenían aluminio. Este mapa identificó 200,000 ha de suelos alumínicos en la parte plana del Departamento del Cesar y 400,000 ha en toda la costa norte (Figura 3). Superponiendo este mapa a la información sobre la adopción de *A. gayanus* en el Cesar, se observó que las mayores áreas sembradas con esta gramínea (más de 50 ha) se hallaban sobre esos suelos con aluminio, particularmente en el centro del departamento. El análisis de los patrones de precipitación, en especial la duración y la severidad de la época seca, conducen a la hipótesis de que *A. gayanus* compite ventajosamente con otros pastos, especialmente con *B. decumbens,* cuando se presentan

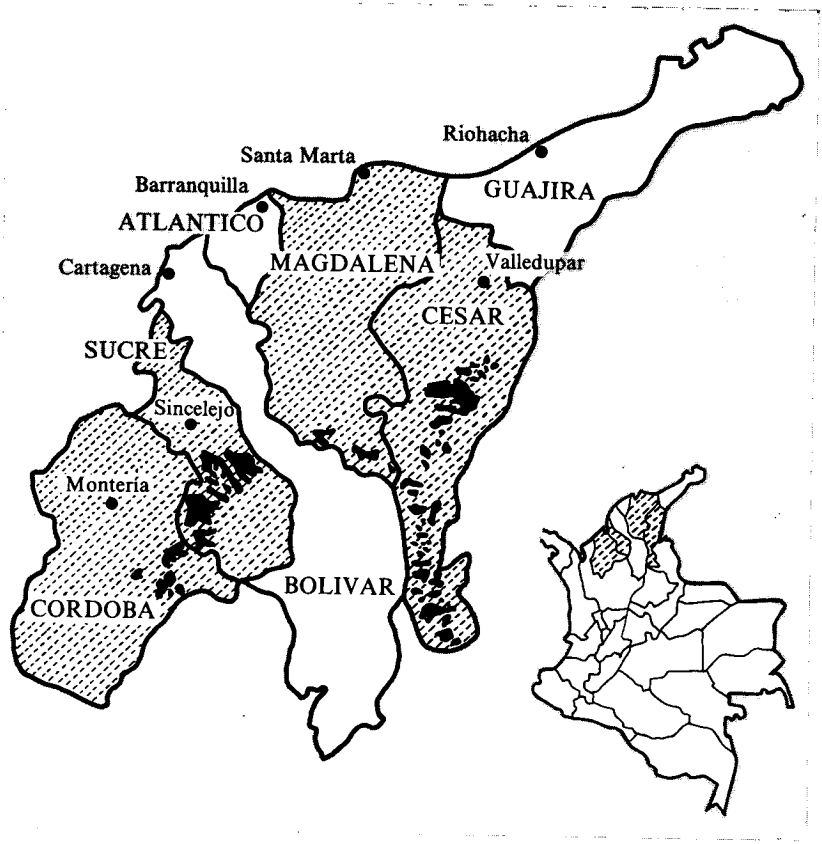

Figura 3. Areas potenciales (▪ :) para la siembra de *Andropogon gayanus* en la costa norte de Colombia.

períodos secos de cinco meses o de mayor duración. En el sur del Cesar, la época seca no es tan larga, por lo cual *A. gayanus* se adapta mejor a las condiciones de la región central del Cesar (Estrada, 1986).

En términos del esfuerzo de investigación, el impacto de esta gramínea en la costa norte de Colombia se considera un beneficio adicional derivado de la labor principal de desarrollar germoplasma para los suelos ácidos e infértiles de América tropical.

Para cuantificar la magnitud de esta adopción potencial en el Cesar, se hicieron los siguientes supuestos:

1. Area potencialmente apta para la siembra de *A. gayanus* (ha)	109,000
2. Tamaño promedio de la finca (ha)	1,158
3. Fincas potencialmente aptas (no.)	95
4. Area promedio de suelos aptos por finca (ha)	407
5. Límite superior del número de fincas que adoptan (70% de 3.)	66
6. Límite superior del área (ha) apta por finca (70% de 4.)	284

El mayor impacto esperado viene del incremento en la carga tanto en la época húmeda como en la seca y del incremento de peso vivo por animal (Cuadro 9). Para hacer una comparación, se presentan los valores correspondientes a gramíneas establecidas en los Llanos, tanto solas como en asociación. Los supuestos sólo consideran el impacto hecho en fincas similares a las que hoy tienen más de 50 ha con *A. gayanus;* no se consideran los beneficios obtenidos por otras fincas que siembran este cultivar cuando en ellas el beneficio derivado de *A. gayanus* es menor.

Los costos de establecimiento se limitan al de la semilla y al de una mínima preparación del terreno, lo que representa una inversión por hectárea muy inferior a la que se hace en los Llanos. De modo semejante, los costos de mantenimiento son inferiores a los requeridos en los Llanos Orientales (Cuadro 10).

Cuadro 9. Impacto físico de *A. gayanus* en el Cesar comparado con el de las gramíneas (tanto en monocultivo como en asociación) de los Llanos Orientales de Colombia, durante las épocas seca (ES) y lluviosa (EL) del año.

Variables	Impacto en Cesar *A. gayanus*		Impacto en Llanos Orientales			
			Gramínea pura		Asociación	
	EL	ES	EL	ES	EL	ES
Del pasto nativo:						
Carga (UA/ha)	1	0	0.2	0.2	0.2	0.2
Producción (kg/UA)	100	0	75	0	75	0
De la pradera establecida:						
Carga (UA/ha)	1.5	1	1.5	1.0	8	1
Producción (kg/UA)	150	45	130	25	150	25
Carga marginal (UA/ha)	0.5		1.3		1.6	
Producción marginal (kg/ha)	170		205		280	
Persistencia (años)	15		15		15	

Cuadro 10. Costos de establecimiento y de mantenimiento de *A. gayanus* en el Cesar comparados con los de las gramíneas (tanto en monocultivo como en asociación) de los Llanos Orientales de Colombia.

Práctica agrícola	Costo[a] en Cesar *A. gayanus*		Costo[a] en Llanos Orientales			
			Gramínea pura		Asociación	
	(US/ha)	(%)	(US$/ha)	(%)	(US$/ha)	(%)
En establecimiento						
Preparación	9.42	30	10.43	11	10.43	11
Siembra	21.70	70	36.21	39	42.41	43
Fertilización	0	0	45.88	50	45.88	46
Total	31.12	100	92.52	100	98.72	100
En mantenimiento						
Fertilización[b]	0	0	22.94	100	22.94	100
Control malezas[c]	6.20	100	0	0	0	0
Total	6.20	100	22.94	100	22.94	100

a. Tasa de cambio: 1 US$ = 161.29 Col$.
b. Cada tres años.
c. Cada año.

La inversión por hectárea (en pastura, en ganado adicional, etc.) representa cerca de US$145 en el Cesar y entre US$340 y US$440 en los Llanos. El flujo de caja durante los primeros 15 años es

más alto en los Llanos (Cuadro 11), pero la tasa interna de retorno marginal es sustancialmente más alta en el Cesar (78% por año) que en las dos alternativas de los Llanos (33% y 39% por año).

Cuadro 11. Flujo de inversión (FI) en pasturas de *A. gayanus* en el Cesar, comparado con el de las gramíneas (en monocultivo y en asociación) de los Llanos Orientales de Colombia.

Rubro	FI en Cesar[a]	FI en Llanos Orientales[a]	
	A. gayanus (US$/ha)	Gramínea pura (US$/ha)	Asociación (US$/ha)
Inversión			
En pasturas	31.12	92.51	98.71
En novillos, marginal	106.95	241.80	297.60
En otros	7.75	6.45	7.94
Total	145.82	340.76	404.25
Ingreso neto			
Año 1	113.46	121.27	166.28
Año 3	113.46	98.33	143.34
Año 15	220.41	363.07	463.88
TIR (%)	77.79	33.25	39.22

a. Tasa de cambio: 1 US$ = 161.29 Col$.

Para determinar el impacto de la tecnología a nivel regional, se supuso que las fincas la adoptaban según el siguiente esquema:

Año	Fincas que Adoptan (%)
1	1.5
2	3.0
3	7.5
4	16.0
5	22.0
6	22.0
7	16.0
8	7.5
9	3.0
10	1.5

Se hicieron también los siguientes supuestos respecto a las áreas sembradas por finca y por año:

Año	Area sembrada (ha)
1	4
2	50
3	80
4	80
5	20

Al nivel agregado se compararon cuatro alternativas (Cuadro 12). Con el mismo nivel de adopción del Cesar, en los Llanos Orientales se necesitará un número muy superior de novillos para la ceba. Si se expresa el número adicional de novillos requeridos como porcentaje de los novillos disponibles en la región en 1981, se obtienen los siguientes valores: 5% para el Cesar, 1% para la costa norte, 16% para la tecnología de gramínea pura en los Llanos, y 20% para la tecnología de asociación de gramíneas y leguminosas en esta misma región.

Cuadro 12. Impacto de la adopción de *A. gayanus* en el Cesar y en la costa norte de Colombia, comparado con el de las gramíneas (en monocultivo y en asociación) de los Llanos Orientales de Colombia.

Variable	En Cesar	En costa norte	En Llanos Orientales	
	A. gayanus	*A. gayanus*	Gramínea pura	Asociación
Fincas (no.)	66	121	66	66
Areas sembradas con *A. gayanus* (ha)				
Año 5	1982	2244	1982	1982
Año 10	16554	26106	16554	16554
Año 15	18744	34578	18744	18744
Novillos adicionales requeridos (no.)				
Año 5	991	1122	2576	3171
Año 10	8277	13053	21520	26486
Año 15	9372	17289	24367	29990

Estos datos indican claramente que, mientras la adopción sea factible y no afecte el precio del ganado en la costa norte, lo contrario podrá ocurrir en los Llanos Orientales.

En el Cuadro 13 se presenta el impacto agregado de las cuatro alternativas en términos de la producción adicional de carne y del flujo de efectivo, a través del tiempo y a los precios constantes de 1985. Si se considera la producción de la costa norte de Colombia como un beneficio adicional de la investigación en los Llanos y no se consideran esfuerzos de extensión diferentes a los que hacen los productores de semillas (ya incluidos en el precio de la semilla pagado por los ganaderos), la tasa interna de retorno corresponde a la obtenida a nivel de la finca. El mayor valor presente neto (a una tasa de descuento del 10%) corresponde a la alternativa de *A. gayanus* en toda la costa norte, seguida por las asociaciones en los Llanos, por *A. gayanus* en el Cesar y, finalmente, por las gramíneas en los Llanos Orientales. Sin embargo, a causa de los diferentes valores de la inversión inicial, este criterio no es apropiado y se obtiene un ordenamiento

Cuadro 13. Impacto de adopción de *A. gayanus* en el Cesar y en la costa norte de Colombia, comparado con el de las gramíneas (en monocultivo y en asociación) de los Llanos Orientales de Colombia.

Variable	En Cesar	En costa norte	En Llanos Orientales	
	A. gayanus	*A. gayanus*	Gramínea pura	Asociación
Fincas (no.)	66	121	66	66
Producción de carne (t)				
Año 5	336	381	408	557
Año 10	2814	4438	3410	4651
Año 15	3186	5878	3861	5267
Promedio	1707	2945	2068	2821
Flujo de efectivo[a] (miles US$)				
Año 5	-81	-106	-318	-362
Año 10	1250	1625	812	1312
Año 15	2125	3875	2125	3000
VPN (10%)	6250	11250	5062	7500
TIR (%)	78	78	33	39

a. VPN = valor presente neto; TIR = tasa interna de retorno.

diferente cuando se utiliza como criterio la tasa interna de retorno. En tal caso, el Cesar y la costa norte, con 78% por año, superan ampliamente la tasa interna de retorno de 39% de la asociación y la de 33% de la gramínea pura en los Llanos Orientales.

De la información suministrada podemos concluir lo siguiente:

- Aunque esta tecnología ha sido desarrollada para suelos ácidos e infértiles, *A. gayanus* puede hacer impacto en otros nichos muy específicos, como los suelos moderadamente ácidos de la costa norte que contienen Al.

- Como puede esperarse de una tecnología que utiliza pocos insumos externos, su funcionamiento depende mucho de los recursos naturales, particularmente del suelo y del clima. Como estos recursos son muy variables en las fincas ensayadas en el Cesar, la adopción no es uniforme sino muy selectiva.

- La rápida adopción inicial en el Cesar puede explicarse por las siguientes razones: el bajo costo de oportunidad de la tierra marginal, el gran impacto en la producción de forraje, el bajo costo de establecimiento, la abundante existencia de ganado en las fincas, y el papel complementario de *A. gayanus* respecto a otros pastos establecidos en las tierras más fértiles de la misma finca.

- La alta tasa interna de retorno lograda (78% por año) es un fuerte incentivo para la adopción, la cual se ha realizado sin intervención del sector oficial y en años en que los precios del ganado eran bajos y las condiciones socioeconómicas no eran propicias para la inversión en pasturas.

Andropogon gayanus en el Centro de Brasil

Encuesta a la industria de semilla de pastos tropicales. En cooperación con el Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) de EMBRAPA y de la Sección de Semillas del Programa de Pastos Tropicales del CIAT, se realizó una encuesta a los principales productores y distribuidores de semilla de pastos tropicales para establecer el grado de difusión de *A. gayanus* en Brasil (de Andrade et al., 1985).

Los principales aspectos de importancia económica de esa encuesta fueron:

- El volumen de semilla de *A. gayanus* manejado por los grandes productores de semilla fue de 175 t en 1982, 422 t en 1983 y 496 t en 1984.

- El precio de la semilla de *A. gayanus* descendió rápidamente en términos reales desde US$13.63/kg en 1982 a US$1.58/kg en 1985.

- Los estimativos de la importancia que tiene la producción de semilla de *A. gayanus* para uso propio y para comercio directo con otros ganaderos variaron dentro de un amplio rango. La mediana de la participación del sector semillista formal en el volumen total de semilla producida fue estimada en 65%.

- Utilizando esta información y la tasa promedio de siembra obtenida en la encuesta, el área sembrada en Brasil se estimó en cerca de 170,000 ha.

- Las principales áreas adoptadoras eran la región que comprende Mato Grosso, Goiás y Minas Gerais. Areas de menor importancia eran el Pantanal y el nordeste.

Adopción temprana e impacto de *A. gayanus* en el Cerrado. En 1984, el centro de EMBRAPA en el Cerrado (CPAC) contrató un estudio sobre la adopción de la tecnología generada por EMBRAPA para esa región del Cerrado. El estudio de adopción fue realizado por la Universidad Nacional de Brasilia. Según estudios agroecológicos de CPAC, la región geoeconómica de Brasilia (20 millones de ha) fue estratificada en zonas homogéneas y se tomaron muestras en los 11 municipios considerados representativos de las principales zonas agroecológicas. En estos municipios se seleccionaron al azar 450 propietarios. Esta encuesta incluía dos preguntas sobre *A. gayanus:* una investigaba si el agricultor conocía el material y la otra si lo estaba utilizando en su finca. Se consideraron usuarios todos los que tenían algún área sembrada incluyendo pequeñas parcelas de prueba.

Conteos preliminares indicaron que el 85% de los encuestados conocían el pasto y que el 25% lo estaban utilizando. Partiendo de esta señal evidente de una amplia adopción, se planeó entre CPAC y CIAT un estudio más detallado sobre el proceso de adopción y sobre el uso actual de *A. gayanus.*

Utilizando como marco censal la encuesta realizada por la Universidad Nacional de Brasilia, se seleccionaron 60 usuarios de *A. gayanus* estratificados según la frecuencia de uso del pasto en cada uno de los 11 municipios, así como 40 agricultores que lo conocían (pero no lo habían adoptado) y 20 que no lo conocían.

La encuesta fue diseñada para reconocer las características generales de la finca, obtener información detallada sobre la adopción y el uso de *A. gayanus,* y determinar tanto el impacto de la gramínea en el sistema de producción de la finca como la intención que hubiera en ella de expandir el área sembrada con este pasto. A los que no lo utilizaban se les hicieron las mismas preguntas sobre las características generales de la finca, y otras específicas sobre las principales razones que los persuadían a no utilizar este material. La encuesta ya terminó y se inició su análisis en 1986; sus resultados se usarán para determinar el impacto de esta tecnología.

Nivel de adopción de *A. gayanus* en el trópico latinoamericano

Durante la reunión de la Red Internacional de Evaluación de Pasturas Tropicales (RIEPT) en octubre de 1985, se realizó un sondeo sobre la difusión de *A. gayanus* en los países tropicales de América Latina. A los participantes se les pidió estimar el área que al presente se ha sembrado con *A. gayanus* en su estado o departamento y en todo el país, especificando en ese estimativo las siembras puras y las asociaciones con leguminosas. Se les preguntó además sobre sus intenciones de sembrar en 1986 tanto siembras puras como asociaciones.

El Cuadro 14 muestra que hasta 1985 habían sido establecidas cerca de 300,000 ha, 93% de las cuales se hallan en Brasil. Extensiones importantes se hallan en Colombia y Venezuela,

Cuadro 14. Uso de *A. gayanus* en los países de América Latina, 1985.[a]

País	Existencia en 1985 (ha)		Siembra programada para 1985 (ha)	
	Solo	Asociado	Solo	Asociado
Bolivia	100	0	450	0
Brasil	268000	0	66000	0
Colombia	7600	300	3400	300
Costa Rica	1	1	8	5
Guatemala	0	0	1	0
Guyana	2	0	0	0
Honduras	15	0	8	0
México	22	0	75	0
Nicaragua	245	0	150	0
Panamá	1032	50	1085	0
Paraguay	1000	0	1500	0
Perú	120	5	220	0
Venezuela	11100	200	17900	500
Total	289237	556	90797	805

a. Basado en una encuesta hecha a los investigadores de la RIEPT en octubre de 1985.

países donde las sabanas de suelos ácidos e infértiles ocupan un área sustancial.

La adopción de *A. gayanus* se está acelerando en América Central donde hay más de 1000 ha sembradas en Panamá y se inicia la siembra del pasto en Nicaragua, Honduras y Costa Rica, y también en México. Prácticamente todas las áreas en que se ha establecido el pasto son cultivos puros.

Los planes de expandir el área sembrada en 1986 representan el 31% del área ya establecida a nivel regional. Esta cifra enmascara la notable diferencia entre Brasil y Colombia, de un lado, donde el cultivar fue liberado primero con tasas de crecimiento de 25% y 45%, respectivamente, y el resto de los países, del otro, donde esas tasas fueron de 100%. La intención de expandir la gramínea indica una fuerte tendencia hacia la siembra de *A. gayanus* como pastura pura sin asociarla con leguminosas.

Esta encuesta enseña que *A. gayanus* es una gramínea valiosa que contribuye a la producción de forrajes en América tropical. Sin embargo, también señala que las leguminosas forrajeras tropicales aún constituyen el mayor desafío para los programas de investigación en pastos tropicales del continente.

Resumen

Andropogon gayanus CIAT 621 es el primer cultivar forrajero liberado en América del Sur que ha salido del esfuerzo colaborativo de los programas agropecuarios nacionales y del Programa de Pastos Tropicales del CIAT. Considerando muchos casos, es también el primer cultivar forrajero formalmente liberado por instituciones nacionales en América tropical. La experiencia adquirida en esta tarea producirá ciertamente efectos positivos en el proceso de liberación a que sean sometidos en el futuro los nuevos cultivares.

Se hizo un notable esfuerzo para disponer de suficiente semilla básica que permitiera una amplia difusión inicial de *A. gayanus.* Esto facilitó el proceso de difusión de ganadero a ganadero, aunque pudo suscitar un efecto negativo en los semillistas comerciales. *A. gayanus,* una gramínea de fácil cosecha, no requiere necesariamente un tratamiento adicional y tiene una baja relación peso/volumen que la hace inapropiada para el trasporte a gran distancia y para el almacenamiento prolongado. Sin embargo, las leguminosas forrajeras, cuya cosecha manual es difícil y que probablemente necesiten inoculación o escarificación (o ambas operaciones), requerirán una mayor participación del sector semillista comercial.

La adopción de *A. gayanus* ocurre rápidamente en varias regiones, particularmente en el Cerrado y en ciertas áreas de la costa norte de Colombia, pero en los Llanos Orientales colombianos ese proceso es lento. Esta variabilidad en las tasas de adopción llevó a los investigadores a desarrollar metodologías cuantitativas para identificar los factores asociados con la adopción de *A. gayanus* a nivel de la región. En este capítulo se

presenta un análisis econométrico de estos factores, que afectan la adopción de la gramínea en la costa norte de Colombia. Esta información sirve para estimar *ex ante* el beneficio económico que produciría la difusión potencial de ese cultivar en esa región. Este tipo de análisis retroalimenta la labor de los investigadores y extensionistas.

Los resultados de éste y de otros estudios sugieren que *A. gayanus* se adapta particularmente bien a las regiones más secas dentro del ecosistema de sabana. En esas condiciones, su ventaja principal es su tasa alta tanto de crecimiento como de capacidad de carga en la época de lluvias. Además, *A. gayanus* permite reducir el efecto de la época seca, porque hace un uso eficiente de la humedad residual del suelo al inicio de esa época y experimenta una rápida recuperación con el inicio de las lluvias; por ello puede ser pastoreado aproximadamente un mes después de iniciadas las lluvias, tiempo que es de dos meses para otras gramíneas, como *B. decumbens.*

En el cerrado brasileño es evidente el interés de los ganaderos por diversificar los recursos forrajeros de sus fincas. En general, *A. gayanus* no sustituye a otros pastos sembrados; las áreas de pastos sembrados se encuentran en lotes donde antes había pastos naturales, y se han extendido directamente (costa norte de Colombia) o después de un ciclo de cultivo de uno a dos años (cerrado brasileño).

La baja agresividad inicial y el porte erecto de *A. gayanus,* así como su escasa cobertura del terreno, son los aspectos negativos más frecuentemente indicados por los ganaderos. Esta última característica hace a *A. gayanus* apto para asociarse con algunas leguminosas, y facilitará su adopción en un rango mucho más amplio de ecosistemas y de sistemas de producción. Este resultado se obtendrá cuando los finqueros tengan acceso a semillas de cultivares de leguminosas adaptadas, compatibles y persistentes, las cuales incrementarían la productividad de *A. gayanus* en la asociación con ellas de modo significativo, es decir, por encima del nivel obtenido en las pasturas de gramínea pura sembradas actualmente.

Referencias

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1984. Informe anual del Programa de Pastos Tropicales, 1983. Cali, Colombia. 362 p.

———. 1985. Informe anual del Programa de Pastos Tropicales, 1984. Cali, Colombia. 274 p.

de Andrade, R. P.; Ferguson, J. E. y Seré, C. 1985. Seed industry survey of initial adoption of *Andropogon gayanus* in Brazil. Informe Interno. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) at the Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Brasilia, FD, Brasil.

Estrada, A. 1986. Caracterización de fincas adoptadoras del pasto *Andropogon gayanus* en el Departamento del Cesar, Colombia. Tesis. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.

Ferguson, J. E. 1985. An overview of the release process for new cultivars of tropical forages. Seed Sci. Technol. 13:741-757.

———; Seré, C. y Vera, R. R. 1985. The release process and initial adoption of *Andropogon gayanus* in tropical Latin America. En: Fifteenth International Grassland Congress, Kyoto, agosto 1985. Memorias. Science Council of Japan and Japanese Society of Grassland Science, Kyoto, Japón. p. 222-223.

Foster, W. H. 1962. Investigations preliminary to the production of cultivars of *Andropogon gayanus.* Euphytica 11:47-52.

Tompsett, P. R. 1976. Factors affecting the flowering of *Andropogon gayanus* Kunth; responses to photoperiod, temperature and growth regulators. Ann. Bot. 40:695-705.

PRIORIDADES EN LA INVESTIGACION DE *ANDROPOGON GAYANUS*

José M. Toledo, Raúl Vera, Carlos Lascano, y Jillian Lenné*

Este capítulo es un resumen de la investigación que se recomendó para mejorar los conocimientos sobre el manejo y la utilización de *Andropogon gayanus.*

Las siguientes recomendaciones son el resultado de las discusiones sostenidas en la reunión de trabajo que antecedió a esta publicación. Se han ordenado en este capítulo según el tipo de institución dedicada a la investigación básica sobre especies forrajeras.

Recomendaciones Para las Universidades y Otras Instituciones de Investigación

1. Estudios para entender los mecanismos de resistencia de *A. gayanus* a los cercópidos (salivita o 'cigarrinha').

2. Estudios para entender los mecanismos anatómicos, fisiológicos, y microbiológicos (especialmente las micorrizas) de *A. gayanus,* responsables de su amplia capacidad de adaptación a los suelos cuya acidez y fertilidad natural son variables.

3. Estudios anatómicos de la gramínea que esclarezcan la relación de la distribución de sus tejidos con la cinética de su digestión en los rumiantes.

* Agrónomo de pasturas y coordinador, zootecnista, especialista en nutrición animal, y fitopatóloga, respectivamente, del Programa de Pastos Tropicales del CIAT, Cali, Colombia.

Recomendaciones Para el Programa de Pastos Tropicales del CIAT

1. Recolección, caracterización y evaluación de *A. gayanus* con el fin de ensanchar la base genética de esta especie. Esta actividad incluiría las variedades botánicas reconocidas como tales.
2. Proseguir los estudios de caracterización genética de *A. gayanus.* Debe dilucidarse si el carácter 'vigor de la plántula' es susceptible de mejoramiento genético. La hipótesis de que las plantas de *A. gayanus* de porte bajo son más compatibles con las leguminosas debe probarse.
3. Realizar estudios de ecofisiología aplicada que sirvan para formular estrategias de manejo. Estas deben incluir evaluaciones de la tasa de extracción de agua del perfil del suelo, tasas de crecimiento, senescencia, dinámica de las reservas energéticas, así como ciertos factores que afectan su compatibilidad con las leguminosas.
4. Emprender estudios sobre el reciclaje de nutrimentos en las pasturas de *A. gayanus,* tanto en monocultivo como en asociación con leguminosas, con el propósito de cuantificar tanto las necesidades de fertilización de mantenimiento de la gramínea y de sus asociaciones, como la extracción que una y otras hacen de los nutrimentos del suelo y la conservación de éstos en el suelo.
5. Estudiar la relación entre los factores de manejo del pastoreo y la persistencia y productividad de las pasturas de *A. gayanus,* puras y asociadas con las leguminosas, en diversos suelos.
6. En regiones con períodos secos prolongados, estudiar las estrategias de manejo del pastoreo que permitan una eficiente utilización de la tolerancia de *A. gayanus* a la sequía; p.e., pastoreo al final del período de lluvias, pastoreo diferido, y otras.
7. Evaluar el potencial de producción de leche de las pasturas puras y asociadas de *A. gayanus.*

Recomendaciones Para las Instituciones Nacionales que Participan de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT)

1. Hacer estudios sobre ajustes de la fertilización para el establecimiento de *A. gayanus.*

2. Estudiar el establecimiento de pasturas de *A. gayanus* en áreas potencialmente aptas para producir malezas, como los trópicos húmedos.

3. Extender los ensayos bajo pastoreo (ERD) para medir el potencial de producción animal de las pasturas de *A. gayanus* asociadas con las leguminosas.

4. Desarrollar investigación aplicada que, de una parte, identifique zonas, a nivel nacional, con alto potencial de producción de semilla de la gramínea, y de otra, que optimice la productividad y la calidad de la semilla.

5. Validar, a nivel de la finca, el potencial de productividad de las asociaciones de *A. gayanus* con leguminosas.

6. Realizar estudios de adopción en países donde *A. gayanus* es un cultivar comercial.

INDICE

Accesiones
  CIAT 621, 39, 48, 64
  origen, 169, 172
  recolección, 229, 390 (ver Variedad)
Adaptación, 28, 39, 41, 65, 106, 157
  a condiciones de baja fertilidad, 88, 105, 250
  a ecosistemas de sabana, 172, 184, 261, 386
  a factores bióticos, 167
  a factores edáficos, 101, 155, 167, 240
  a regiones secas de India, 172
  a tipos de suelos, 106, 155, 389
  a toxicidad de Al, 108, 155
  en época seca, 386
  en localidades de Australia, 180

Adopción, 385, 391
  de cultivar, 357
  en América Central, 384
  en América Latina tropical, 383-385
  en Brasil, 381, 382
    encuesta a usuarios, 383
    impacto en producción, 383
  en fincas, 364, 367
    de Costa Norte (Colombia), 365, 366
      impacto esperado, 376, 377, 379, 380
    de Magdalena Medio (Colombia), 365
    en Cesar (Colombia), 368, 381
    por categorías, 366
  esquema por finca, 378
  estudios de, 362
  expansión en 1986, 384
  por adoptador inicial, 361, 363
    encuesta a, 365, 382
    proceso de, 368, 369
    según recursos naturales, 381
  supuestos para, 376
  tasas de, 363, 374
    variables, 385
Adoptador temprano (ver Adopción)
Africa tropical, 9, 29, 360
  información sobre plagas, 218
    propias, 219
    similares de América, 221
  punta retorcida en, 198
  quemas en sabanas, 82
Agresividad
  radicular, índice (IAR), 91
  y baja palatabilidad, 101
Agua disponible, 53, 65
  del suelo (humedad), 79, 82
    competitividad por, 82
  índice de, 63, 65
  uso eficiente de, 63, 78, 81
Alogamia, 16, 22, 31, 35
Altura de la planta, 2, 3, 48, 52, 55, 175
  bajo sombra, 84
  de porte bajo, 34
  en establecimiento, 60, 61

heredabilidad de, 26
para semilla, 298
Aluminio (Al)
área sembrada y, 372
concentración foliar de, 110
detección con hematoxilina, 108
en mapa de Colombia, 374
excluido por raíz, 155
porcentaje de saturación de, 132
en Llanos Orientales, 328
tolerancia a, 108, 155
toxicidad a, 112
América tropical
enfermedades en, 209
insectos plaga en, 212-215, 221
introducciones de *A. gayanus*, 168, 191
producción de semilla, 310
Andropogon tectorum, 15, 168
hongos y nematodos de, 192
Animal fistulado, 287
Antibiosis (ver Plagas, resistencia a)
Análisis de conglomerados, 55, 58, 61
Análisis de pureza, 304
Análisis económico, 328, 385
costos, 350
de experimentación, 352, 363
de establecimiento, 376, 377
de ceba de novillos, 349
flujo de efectivo, 336, 337, 344
ingreso bruto marginal, 334, 335
estructura del, 337
inversiones, 328, 344, 345
flujo de (en Cesar), 378
por hectárea, 377
precios, 336
rentabilidad, 328, 335, 344
tasa interna de retorno marginal (TIR), 328, 336, 342, 344, 349, 353
en Cesar (Colombia), 378, 380, 381
valor presente neto (VPN), 380
viabilidad económica, 335-337, 342, 347, 349
Arista
longitud, 1, 2
remoción de, 302
Asociación, 127, 177-182, 223, 255, 259, 261, 273
carga soportada en, 349
con *C. pubescens* CIAT 438, 92, 94, 350
con leguminosas, 89, 283, 391
en fincas, 330, 346
con *S. capitata*, 99, 324, 330
y novillas de remplazo, 338, 339
desempeño reproductivo de, 341, 342
para ceba, 345, 346
dominio de gramínea en, 342
expansión de *A. gayanus* en, 384
pastoreo en, 99, 339
producción de leche en, 289
sobrepastoreo en, 345
Atributos agronómicos, 24, 25
Australia, estándar de mercado, 316
Autopolinización, 22, 31
Azufre (S)
disponibilidad de, 136, 138, 139
en hojas con *S. flava*, 212
en suelos meteorizados, 136
en tejido vegetal, 122, 123
fuentes de, 122
interacción con Ca y Mg, 138
niveles críticos de, 122, 123
relación N:S, 122

Balance hídrico (Bh), 69, 70, 73
Biomasa, 48, 59, 73
acumulación en sombra, 87
arquitectura de, 94
para crecimiento rápido, 101
producción, 39-42,
total en oferta, 94, 95
Bouyucos, 79

Brachiaria
decumbens CIAT 606, 69
agua del suelo y, 79
bajo pastoreo, 345
en asociación, 91
en época seca, 376
en fincas, 330
en sequía, 75, 77
hormigas cortadoras y, 218
micorriza y, 145
para ceba de novillos, 349
respuesta al K, 133
respuesta al N, 127-129
susceptibilidad al salivita, 223
ecotipos, 64
humidicola
ganancia de peso y, 283
resistencia a la quema, 82
respuesta al P, 132
Brasil, 16, 17
aplicación de N, 299
cosecha mecánica en, 300, 311
EMBRAPA/CPAC, 287, 381, 382
evaluación en CPAC, 169, 170
floración en, 296
precorte en, 298
primeras pasturas en, 311
punta retorcida en, 208
semilla en, 307, 313, 314
pura que germina, 316
ventas de, 317

Cal
dolomítica, 126
producción con, 124
respuesta al P y, 124, 131
suministro de Ca y, 124, 155
Calcio (Ca)
antagonismo con bases, 124
concentración crítica, 118
en tejidos, 271, 273
extracción diferencial, 125
requerimiento bajo, 125
Calidad nutricional, 273, 274, 290
en asociación con leguminosas, 290
mejoramiento de, 29
Características agronómicas, 172-173
Carga animal, 93, 345
en adopción, 376
en asociaciones en Cerrado, 287
en Carimagua, 99, 282
en estrategia de producción, 336
en fincas, 330
en Ultisol, 282, 350
Carimagua (CNIA), 23
ciclos de selección en, 33, 34
evaluación de accesiones, 169
floración en, 29
Cariópside, 8, 31, 239, 304, 305
tamaño de, 306
Ceba (ver Producción animal)
Centrosema pubescens, 260 (ver Leguminosas...)
con *A. gayanus*, 97, 98
con *P. maximum*, 98
en producción de leche, 289
rebrote en sombra, 92
Cerrados, 241 (ver Brasil)
difusión en, 386
suelos de, 250
CIAT-Quilichao (ver Quilichao)
Clima, 173, 246, 261
de localidades, 49-51
en períodos lluviosos, 11, 93
en períodos secos, 11, 78, 106
por altitud, 11, 12
Cobertura del suelo, 48, 52
medias (de grupo), 60, 61
Compatibilidad
bajo pastoreo, 92
con leguminosas, 89, 98
de raíces, 91, 100
palatabilidad relativa y, 101
índice relativo de (ICR), 89, 91
Competencia
entre raíces, 98
por nutrimentos, 98, 257
y deficiencia de K, 98
y desarrollo inicial lento, 112, 239

Componentes Principales, 53
análisis de, 53, 57, 58, 61
Comportamiento agronómico, 17, 48, 55, 61, 65, 128
en corte y pastoreo, 173-182
Corportamiento reproductivo, 330
Composición química, 266-273
factores de, 266
fibra, 270
fibra neutra indigerible, 270
minerales, 271
calcio, 271, 273
fósforo, 271, 273
Concentración crítica (ver Requerimiento nutricional)
Condiciones edáficas, 12, 17, 239, 261 (ver Suelos ácidos)
Consumo voluntario, 28
componentes de, 274
de clones 'hojosos', 278, 279
de ovinos y bovinos, 276
forraje ofrecido y, 277
niveles de, 94
Contenido foliar
de Fe, 115
de micronutrimentos, 141
de Mn, 115, 141
de S, 139
Control de malezas
en sitio de siembra, 258
Correlación
coeficientes de Pearson, 53, 54
de variables del suelo, 54, 57
genotipo-densidad, 33
Corte del pasto
como defoliación, 99
de uniformidad, 48, 52, 84
en *A. gayanus* asociado, 99
periódico, 48
Crecimiento
compensatorio, 79
curvas de, 69
después del rebrote, 70
inicial lento, 131
sombreamiento y, 84
tasa de, 112
de pasturas, 94
tasa relativa de (TCR), 71, 79, 84
Cruzamiento
natural, 3
policruzamiento, 33, 34
Culmo tereticaule, 5
Cultivares
cv. Carimagua 1, 169, 282
cv. Planaltina, 34, 169, 282
cv. San Martín, 282
de Australia, 170
de tipo enano, 184

Defoliación, 100, 102, 217
falso gusano ejército y, 217, 238
por corte y pastoreo, 167
S. capitata y, 99
Desaristador, 302
con agitación, 303
Descriptor
ambiental, 56
del suelo, 58
Desecación de tejidos, 75, 78
Desempeño animal, 35
Difusión, 385
potencial, 386
tendencia, 386
Digestibilidad
baja, 273
in vitro de materia seca (DIVMS), 26, 266, 269
de hojas y tallos, 270
en gramíneas, 271
en pastoreo, 272
Discos excéntricos (ver Siembra, equipo)
Distribución natural, 9, 10, 14
DIVMS (ver Digestibilidad)

Ecofisiología, 390
Ecosistemas
áfido amarillo y, 212
de ambiente homogéneo, 48, 55, 65
del Cerrado, 241
de los Llanos Orientales, 240
estabilidad climática, 333

del trópico americano, 39
Empresas semillistas, 361
tipos, 362
ventajas, 362
Encalado (ver Cal)
Endogamia, 31
Endogonaceae, 142
Enfermedades, 198, 200, 227
ausencia de, 31, 192
bacterias, 211
control cultural, 222
por el pastoreo, 222
por la quema, 222
control genético, 221, 222
hongos patógenos, 192, 193-196, 210, 211
carbones, 197
en la semilla, 198
Cercospora, 197
en América tropical, 199-202
Myriogenospora, 198, 199-200, 208, 236, 237
dispersión, 207
síntomas, 207
Puccinia, 197, 235
parásito *E. carucis*, 195, 197
Ramularia, 197
Rhynchosporium oryzae, 52, 55, 199
Rhynchosporium sp., 199, 203, 207
Sphaceloteca, 197
trasportados por semilla, 210
Fusarium, 210
Rhizopus, 210
Uredo, 197, 235
índice de tolerancia a, 52, 55
mancha foliar (*Rhynchosporium*), 199, 203-207, 208, 236
royas, 197
movilidad, 198
Ensayos 'multilocacionales', 39
Entrophospora colombiana (ver Micorriza)
Escaldado (ver Enfermedades, mancha foliar)
Espiguilla, 1, 2, 6
arista de, 1, 2
con cariópside, 305
en beneficio de semilla, 301, 317
en cosecha, 299
glabra, 1, 2
llena, 30
pedicelada, 2, 8, 302
pilosidad de, 1
pubescente, 1
sésil, 1-3, 6, 302, 304
Estomas, 8
comportamiento, 74-76, 101
Estrés hídrico, 30
Evaluación
a nivel de la finca, 352, 363
de asociaciones en Brasil, 287
de calidad de semillas, 316
del crecimiento, 71
de pasturas, 353
de *Rhyncosporium* sp., 203
en pastoreo, 33
en varios sitios, 173
en viveros, 32
por adaptación al medio, 39, 41-47
por producción de biomasa, 39, 41-47
procedimientos efectivos de, 35
sistemática de forrajeras, 39, 390

Fertilización
adicional, 330, 339, 344, 350
de mantenimiento, 390
niveles, 351, 353
con P, 250, 251, 253
de establecimiento, 175, 253, 327, 391
época para, 259
precios, 336
residual, 254, 255
Fitomejoramiento, 169
bloque de recombinación, 32
comportamiento reproductivo y, 22, 33
métodos, 31

Floración, 22, 184, 298
altitud y, 184
comportamiento de, 30
en el campo, 170-171, 296
en CPAC (Brasil), 170
estación lluviosa y, 171
fotoperíodo y, 29, 170, 295-296, 311, 317
número de macollas y, 171
precocidad y, 23
precorte y, 298
tardía (para selección), 27, 28, 34
temperatura para, 170
Forraje
calidad, 28, 156, 272
nitrógeno para, 126
producción de, 156
rendimiento, 28
Forrajeras
estado nutricional, 327
estratégicas, 329, 333, 338, 352, 353
persistencia, 334
Fotoperíodo, 311, 317
floración y, 295, 296
sensible al, 360
Fotosíntesis, 78, 81, 85, 101
eficiencia fotosintética, 81, 84
intercambio de CO_2, 74
N en tejidos y, 86
nivel metabólico y, 75
radiación solar y, 78, 92
ruta C_4 y, 78
sistema fotosintético, 71
tasa fotosintética, 84
máxima, 78
Fósforo (P)
aprovechable, 132
deficiencia de, 111
disponibilidad baja, 111, 113
en tejidos, 271, 273
extracción del suelo
con micorrizas, 154, 250
diferencial, 112, 113, 131
eficiente, 111
fuentes de, 120
fosfatos solubles, 253
roca fosfórica, 253
termofosfatos, 253
índice de contenido, 58, 64, 68
interacción Al-P, 111, 131
nivel en Carimagua, 98, 120, 147
requerimientos de, 120, 131
respuesta al, 98-99, 131-133, 175
tolerancia a bajo nivel, 111, 120, 131
valores críticos, 120

Ganancia de peso, 273, 280, 283, 346, 348, 350
al destete, 334
con *B. decumbens*, 283
de novillas, 338, 339
de novillos, 346-348, 350
de vacas de descarte, 348
en América Latina, 280, 281
en asociación, 285, 286, 288, 338
en Brasil, 287
en época seca, 286, 289
en Nigeria, 280, 281
en pasto nativo, 350
hojosidad y, 278
palatabilidad y, 274
Germoplasma, 358, 390
colecciones, 16
silvestre, 31
Glumas, 7

Habitat, 12-14
Hato de cría, 329, 330
análisis *ex ante* de, 335
Heredabilidad
de altura de planta, 26
de contenido de PC, 28
de rendimiento de forraje, 23
en sentido amplio, 23, 24, 26
Hibridación interespecífica, 32
Hojas, 3, 4, 8
abundancia de, 29
contenido de S, 139
difusión de gases en, 75
en relación hoja:tallo, 71
lámina foliar, 8
manchas por hongos, 192
peso relativo (PFR), 71

selectividad en consumo, 277
sombra de, 84, 87, 88
Hojosidad, 34, 91, 169, 274, 290
de accesiones en Brasil, 169
en latitud baja, 29
en relación hoja:tallo, 28, 30
por mejoramiento, 169, 279
variabilidad en, 277
Hyparrhenia rufa
crecimiento, 69
en sequía, 75, 77
IAR (ver Agresividad)
ICR (ver Compatibilidad)
Inflorescencia
altura, 317
origen, 317
Insectos chupadores (ver Plagas)
Insumos mínimos, 105
en fertilización, 114
Interacción genotipo-ambiente, 23, 26, 32, 33
International Seed Testing Association (ISTA), 305
Investigación tecnológica, 323, 328, 363, 381
en Llanos Orientales, 325, 326, 329, 334, 342
en Valle del Cauca, 324, 350

Leche (ver Producción animal)
Leguminosas tropicales, 386 (ver Asociación)
compatibles, 184, 390
efecto de micorrizas, 151, 154
efecto en PC, 273
en asociación, 177, 179
agresivas, 183
bajo pastoreo, 181, 285
en siembra rala, 260
poco persistentes, 178, 183
según fertilidad, 256
sin aplicar cal, 257
en investigación, 385
introducción, 273
producción de, 385
y calidad de la pastura, 273

Liberación, 358
de accesión CIAT 621
heterogénea, 360
nombres diferentes, 359
primera en América tropical, 385
en Brasil, 358, 360
con televisión, 362
en Colombia, 358
empresas semillistas, 360
preliberación, 358
en Panamá, 358
fase verdadera, 360
proceso formal, 358, 359
coordinación del, 359
Localidades
agrupamiento, 58, 59-61
agua y suelo de, 61-62

Llanos Orientales, 240
ceba de terneros en, 337
fincas en, 325, 326
flujo de inversión, 378
hatos de cría en, 335
precios en, 328
suelos típicos, 372
uso de pasturas en, 324
vegetación natural, 324
Lluvias (ver Precipitación)

Macollas, 3, 88
rebrote uniforme, 297, 298
Madurez de cosecha, 295, 317
Magnesio (Mg)
nivel en suelo, 119
requerimiento bajo, 118
respuesta débil a, 126
Mancha foliar (ver enfermedades)
control por pastoreo, 223
en arroz, 203
en calidad del forraje, 206
en Villavicencio (Colombia), 203-205
por *Curvularia* y *Helminthosporium*, 210
Manejo (ver Pastoreo)

Manejo por defoliación (ver Producción de semilla)
Manganeso (Mn)
antagonismo con Fe y, 114
distribución natural, 114
tolerancia a, 115, 155
diferencial, 114
toxicidad de, 112
Materia seca, 64, 81, 115, 125, 128, 139, 245
digestibilidad, 266
producción de, 63, 81
aplicando Ca, 125
aplicando N, 128
aplicando P, 131, 137
con cortes, 82
efecto de K y P en, 135, 136
eficiencia de producción, 64
inoculando con micorriza, 144, 146, 149, 154
sin riego, 79
rendimiento, 52, 55, 59, 175
después de quema, 82
en corte, 176
en crecimiento (gramíneas), 71
en mezclas con leguminosas, 183
en pasturas monoespecíficas, 176
según labranza, 245
tasa de producción (ver rendimiento)
Materia verde
en base seca (MSV), 93, 96
y aceptabilidad relativa, 274
Melinis minutiflora
aceptabilidad en floración, 274
Micorriza
absorción de nutrimentos y, 142, 145
dependencia de, 143-144
hongo de, 111, 143, 156, 157, 389
endofitas nativas, 143, 146, 147, 148, 152
Entrophospora colombiana (M4), 152
enzimas de, 142
hifas de, 142
hospedantes de, 152, 153
ocurrencia en Oxisoles, 143-145
P del suelo y, 144, 145, 152
producción de MS y, 150
respuesta a inoculación con, 144, 146, 148, 153
en campo, 147
universal, 152
roca fosfórica y, 149, 157
simbiosis, 250
vesículo-arbusculares (MVA), 142
Micronutrimentos, 117, 121, 122, 141, 157, 254
Boro (B), 140-142
Cobre (Cu), 140-142
disponibilidad relativa, 138, 140, 142
Manganeso (Mn), 140-142
niveles críticos, 117, 120, 122, 155
rango de valores, 140
Zinc (Zn), 140, 141, 142
contenido foliar, 141
efecto en MS, 141
Morfología (ver Variedad botánica)
MSV (ver Materia verde)

Nematodos, 192
en Carimagua (Colombia), 209
'decadencia lenta', 209
en Planaltina (Brasil), 208
hospedante en Nigeria, 192, 198, 199
Nigeria, 3, 11, 13, 14, 16
floración en, 22, 296
producción comercial, 309, 314
Nitrógeno (N), 126
aplicación oportuna, 129
de leguminosas, 127
en hojas con *S. flava*, 212
en *P. maximum*, 86
en producción de semilla, 299
en tejido vegetal, 129
fuentes de, 130
requerimientos críticos de, 119
condiciones para, 120
respuesta al, 127, 129, 296

uso eficiente del, 128, 130
Nivel crítico (ver Concentración crítica)
Nutrimentos
concentración crítica, 155
dosis de, 158
extracción del suelo, 127
reciclaje de, 390

Palatabilidad, 274, 275
de leguminosas, 101
relativa, 100
Panicoide, 8
Panicum maximum 604
agua del suelo y, 79
deficiencia de P y, 112
efecto de micorrizas, 150
en sequía, 75, 77
niveles críticos
de Mg, 119
de S, 123
proteína cruda, 266
punta retorcida y, 208
rendimiento en Brasil, 180
resistencia a la quema, 82
respuesta al N, 127-129
respuesta al P, 131-132
interacción K-P, 134
mediante micorriza, 145
semilla pura, 306
sombreamiento y, 84
tasa fotosintética, 78
tolerancia al Al, 108
Panícula, 6
racimos emergidos, 33
Parental
clon, 26, 34
control, 32
Pastoreo
de variedad sintética, 34
en ensayos ERD, 391
manejo del, 390
continuo, 282
en región seca, 390
rotacional, 282, 283, 288
régimen ajustado de, 338
selectivo, 29
tolerancia al, 88
y competencia en asociación, 99
Pasturas
arquitectura, 96
calidad, 273, 285, 288
variaciones en, 370
cobertura, 347, 370
modelo explicativo, 371, 372, 373
composición
botánica, 94
en fincas, 330, 346-348
degradación, 282, 363
establecimiento, 241, 255, 391
costo, 241, 242, 350
después de cultivo anual, 254, 255
época de, 246
limitantes del, 257, 260
riesgos del, 351
mejoradas, 333, 344
persistencia de, 338, 352, 390
rendimiento en el tiempo, 342, 390
seguimiento de, 327, 335, 353, 354
suplementos, 324
tecnología de, 323, 328
de bajos insumos, 336
PC (ver Proteína cruda)
Plagas, 213-215, 228
áfido amarillo, 212, 217, 237
depredadores de, 212
barrenadores del tallo, 216, 220
Diatrea spp. 216
Elasmopalpus spp. 216
chupador de hojas
Daldina bicarinata, 216, 220
chupadores de flores, 221
comedores de flores, 221
comedores de follaje, 216
Chrysomelidae, 220
Mocis latipes, 216, 217, 221, 238
enemigos naturales, 216
Spodoptera frugiperda, 216, 221
control biológico, 223
hongos entomófagos, 223
control cultural, 222
de hormigas, 21 , 22, 246, 261

por asociación con leguminosas, 223
por siembra temprana, 261
control genético, 221, 225, 226
diversidad genética, 227
esclerénquima en tallo, 223
hábito erecto, 224
tricomas en tallos, 224
control químico, 260, 327
del arroz, 220
depredadores, 221
falso gusano ejército, 217
hormigas cortadoras de hojas, 217, 220, 238
Acromyrmex spp., 217, 220, 260
Atta spp., 217, 220, 260
con carga animal alta, 217
en establecimiento, 217
en Llanos Orientales, 218, 240
índice de tolerancia, 52, 55
langosta, 218
migratoria africana, 220
moscas, 218
parásitos, 221
salivita, 52, 55, 191, 212, 216, 228, 389
Aeneolamia, 173
Cercopidae, 212, 389
control integrado, 223
Deois, 173, 216
resistencia a, 223, 224
Zulia, 173
termitas, 218
preferencia, 220
Poblaciones segregantes
originales, 33
sintéticas, 31, 32, 33
Policruzamientos, 33, 34
Polinización
abierta, 26, 34
cruzada, 16, 191, 360
eólica, 295
Poliploides, 3
en hibridación, 32
en Nigeria, 168
Potasio (K), 121, 254
aplicación, 155
deficiencia
cerca de *A. gayanus*, 98
progresiva, 121
en suelos tropicales, 133, 136, 254
feldespatos de, 149, 151
niveles, 121, 136
reciclaje, 121
respuesta al, 133, 134, 136
de *S. capitata*, 98, 99
y microrrizas, 150, 151
Potencial hídrico, 75, 77, 78
Potencial osmótico, 75
Precipitación, 173, 174
fuera de época, 175
Preferencia relativa
en *C. pubescens*/gramíneas, 98
Preparación del terreno (ver Siembra)
Presión de pastoreo
en asociaciones, 97, 181
niveles de, 93
y malezas (MS), 96
Producción animal, 279, 281, 286
de ceba (o levante), 324, 329
de novillos, 345, 349, 379, 381
de terneros, 337
de doble propósito, 366
leche, 289
de hembras de remplazo, 329
desempeño reproductivo y, 330, 333, 338, 341, 344
edad para, 340, 342, 343
destete y, 329, 330
tasa de, 332
estrategias de, 336
extensiva, 324
de cría, 329
'monta' (apareamiento) y, 329, 330
novillas de remplazo y, 329, 337, 339, 353
novillos y, 337
en sabana nativa, 342
número de vacas y, 330, 331
parámetros de, 343
peso de vacas y, 332

sistemas de, 344
atractivos, 357
tecnología útil y, 357
Productividad animal, 265, 272, 280, 290
en asociaciones, 284, 285, 288
en bosque tropical lluvioso, 289
en Cerrados de Brasil, 287
en Llanos Orientales, 283, 331, 337
en pasturas asociadas, 288
Programa de Pastos Tropicales (CIAT), 26
encuesta en Brasil, 381
liberación de cultivar CIAT 621, 385
multiplicación de semilla, 359
pureza de semilla en, 305
Propagación vegetativa, 31
Proteína cruda (PC), 266-270
calidad y, 273
contenido de, 28, 120, 266, 351
del rebrote, 267
en desempeño animal, 29
fertilización nitrogenada y, 268, 270, 273
porcentaje en hojas, 26
reducción en madurez, 266, 289
Pueraria phaseoloides, 260
Punta retorcida (ver Enfermedades, *Myriogenospora*)

Quema
de árboles, 241
en manejo de pasturas, 324
reacción a, 167
resistencia a, 82
Quilichao, 23, 26, 29
ciclos de selección en, 34
drenaje de suelo en, 73
fisiología de gramíneas en, 69
nivel de Mn, 114

Raquis, 1, 2, 6
Raíces
absorción de P y, 111
cordadas, 6
en sequía, 6
fibrosas, 5, 6, 108
fúlcreas, 5, 108
profusas, 82
rizosfera y, 143
tolerancia a suelos ácidos y, 108, 155
verticales, 5, 6, 108
Rebrote
al inicio de lluvias, 82
con riego, 84
en sequía más riego, 79
Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (ver RIEPT)
Rendimiento
altura de planta y, 175
bajo pastoreo, 178
en asociación con leguminosas, 181
en Australia, 179
en Carimagua (Colombia), 181
en CPAC (Brasil), 180
en suelo fértil, 181
bajo sombreamiento, 86
cortes y, 99
de forraje, 23, 28
de materia seca, 70-71, 175
de semilla, 30, 312-314
después de aplicar N, 127
en asociación, 177, 179
con poco P, 257
en bosque talado, 178
en sabana africana, 173
P aprovechable y, 132
sistema de pastoreo y, 283
Rentabilidad
baja, 328
esperada, 323
marginal, 333
Requerimiento nutricional
crítico, 114, 116, 120, 122
de Ca y Mg, 119
de K en hojas, 121, 155
de S, 121-123
externo e interno, 115
de Al, Ca y Mg, 116, 118

de N, P y K, 119
en establecimiento de pastos, 105
RIEPT
en difusión de *A. gayanus*, 383
ensayos regionales B, 48
objetivo, 39

Sabanas (ver Ecosistemas)
isohipertérmicas, 240
isotérmicas, 241
Salivazo (ver Salivita)
Salivita (ver Plagas)
Selección (ver Fitomejoramiento)
criterios apropiados, 35
de plantas espaciadas, 33
recurrente, 32, 35
Semilla
bacterias en, 210
beneficio, 301
de otras especies, 303, 304
desaristado, 302, 311
operaciones, 301
secamiento, 302
trillado ligero, 300, 310
caída al suelo, 300
calidad de, 30, 303, 308, 316, 318, 391
componentes de, 307, 308
clases de, 297
básica, 361, 385
multiplicación de, 359
clasificada, 297, 303, 309
cruda, 297, 302, 303, 311
pura 'ajustada', 305
pura, 300, 301, 304, 306
comercial, 302, 315, 356, 361
demanda, 318, 319, 365
pequeña escala, 360
cosecha de, 299, 310, 313, 314, 318
apilado y sudado, 300, 310
con combinada, 300, 311, 316
con mecanización, 300
manual, 299, 301, 310, 361
costo, 350, 351
distribución
a ganaderos, 361
en mercado, 358, 361, 382
en Brasil, 382
en Colombia, 312, 317
fertilización de mantenimiento, 298
germinación de, 306, 307
hongos en superficie de, 198
tratamiento, 198
irlandesa, 308, 316
latencia de, 306
lote de, 304, 306
sesgo genético, 360
mezcla con fertilizante, 247
multiplicación de, 310
método ajustado, 305, 318
precios, 361, 368, 382
producción de, 296, 309, 391
densidad de siembra, 297, 318
en fincas grandes, 365
precorte, 298, 310
prácticas culturales, 296
pura que germina (SPG), 296
que trasporta hongos, 210, 211
rendimiento, 312-314
retención de, 24, 30
viabilidad de, 306
Senegal, 9, 11
clones de, 22
Sesgo genético (ver Semilla, lote de)
Siembra
área sembrada, 363, 364, 368
en Brasil, 382
factores adversos, 370
modelo explicativo, 374
supuestos por finca, 379
cantidad de semilla, 248, 258
densidad de, 318
en Carimagua, 258, 259
época, 246, 248, 249, 258
equipo, 246
abonadora, 247
dispersor con brazo, 247
fertilización en, 298
con fósforo, 252-253
con potasio, 254
para semilla, 297, 310
patrones de, 248, 249, 258
a voleo, 324

preparación del terreno, 247
profundidad, 247, 248
rala, 257, 259, 261
resiembra, 327
tasas de, 258
Sipha flava (ver Plagas, áfido amarillo)
Sistemas de labranza, 261
mínima, 244
en siembra rala, 258
ninguna, 244
reducida, 243
tradicional, 242
Sombra, 82-84, 86-88, 91
artificial (mallas), 83
de diferente biomasa, 91
efecto en hojas, 84, 87
entre plantas, 91
Stylosanthes capitata
en suelos arenosos, 101
ganancia de peso y, 285, 287
rendimiento con *A. gayanus*, 99
respuesta al K y, 99-100
vigor en asociación, 178
Sudado (ver Semilla)
Suelos ácidos, 12-14, 106
análisis, 118
cationes, 54, 57, 58, 65
acidez y, 118
relación Ca/K, 58, 61, 64
conductividad eléctrica, 79-80
de fincas de Cesar, 374
con Al, 375
distribución, 107
fertilidad, 65, 105
complejo bajo, 106
disponibilidad de Ca y Mg y, 133
drenaje, 370
índice de, 57, 63-65, 106
fertilización
con azufre, 133, 135, 139
con fósforo, 131
con nitrógeno, 127, 129
con potasio, 133, 135
modificación, 329
muestras de, 372
Oxisoles, 157, 254
micorriza en, 143-145
parámetros para, 117
preparación, 138, 240-244, 258
en Llanos Orientales, 324
profundidad, 370
roturación con discos, 241
salinidad, 370
sobrepreparación, 241, 327
textura, 57, 58, 64, 65, 245
arcilloarenosos, 172
especies adaptadas y, 101
francos, 101
pesados, 101
sistema de labranza, 245
Ultisoles, 157
variables, 48-51, 54, 57, 62, 64
combinadas, 53
descriptores, 58
Suplemento mineral, 327

Tasa
de concepción, 331, 332, 340, 342
efecto cíclico, 333
de parición, 332
fotosintética, 78
neta de asimilación (TNA), 71
efecto de ambiente en, 73
uso de reservas y, 73
TIR (ver Análisis económico)
Tolerancia
al Al, 108, 172
a la sequía, 75, 81, 167, 172, 274
al Mn, 114
al pH bajo, 172
Toxicidad
del Al, 108, 112, 155
del Mn, 112, 114, 115, 116
Traspiración
CO_2 y, 74
estomas y, 75

Vaina foliar, 5
Valle del Cauca (Colombia), 350
Valor alimenticio, 28, 34
Variabilidad genética, 35

Varianza
de área sembrada, 372
de descriptores, 56
de localidades, 56
total, 57
Variedad
botánica, 1
anatomía, 8
distribución, 9
morfología, 3, 108
origen, 105
recolección de germoplasma, 16, 39
suelos y, 12
taxonomía, 1
vigorosa, 2
sintética, 26
var. *bisquamulatus*, 9, 12, 16, 39, 69, 167, 172
Vigor
competitividad y, 29
de la plántula, 31, 239, 240, 390
de progenies, 27

Yurimaguas (Perú), 288