

GM-149-08

Palmira, 26 de Marzo de 2008

Doctoras
Cristina Sánchez Olivares y
Jovana Garzón
Secretaría Técnica Administrativa
Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria
FONTAGRO
Stop W0510
1300 New Cork Avenue, N.W.
Washington, D.C., 20577
Teléfonos: (202) 623-3876
(202) 623-3242
USA

Estimadas Dras. Sánchez y Garzón,

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en colaboración con el INTA de Nicaragua y CORPOICA, se complace en someter a su consideración para financiamiento el Perfil del proyecto *“Desarrollo de Genotipos de Brachiaria Adaptados a Suelos con Drenaje Deficiente para Aumentar Producción Bovina y Adaptar Sistemas de Pastoreo al Cambio Climático en América Latina”*, dentro del marco de la Convocatoria Extraordinaria 2008 de FONTAGRO para financiación de proyectos regionales que contribuyan a la adaptación de los sistemas productivos regionales al cambio climático.

El principal objetivo de este Perfil es desarrollar genotipos de *Brachiaria* que sean tolerantes a suelos con drenajes deficientes combinado con alta producción de biomasa y calidad nutritiva. Estas pasturas con genotipos mejorados de *Brachiaria* deberán contribuir también a mejorar la producción de carne y leche en extensas áreas húmedas de Latinoamérica.

En nombre de las personas involucradas en este proyecto y en el mío propio, permítame expresarles nuestros sentimientos de consideración y gratitud por la atención que le brinden a este Perfil.

Cordialmente,



Geoffrey Charles Hawtin
Director General Interino

c.c. Dr. M. Peters, CIAT

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA 2008

PERFIL DE PROYECTO

A. Título del perfil de proyecto propuesto

Desarrollo de genotipos de *Brachiaria* adaptados a suelos con drenaje deficiente para aumentar producción bovina y adaptar sistemas de pastoreo al cambio climático en América Latina

B. Fin del proyecto

El sector ganadero en el trópico americano debe prepararse para enfrentar los efectos adversos que producirá el cambio climático. Algunos de estos efectos ya están comenzando a sentirse en términos de incrementos de temperatura y mayor frecuencia de eventos extremos tales como sequías e inundaciones (Christenson et al., 2007; UNFCCC, 2007). Diversos modelos de cambio climático han predicho que en algunas regiones del mundo las localidades secas serán más secas y que las localidades con alta precipitación serán más lluviosas. Esto último, tendrá consecuencias muy negativas en sistemas agrícolas situados en regiones con suelos con drenaje deficiente y que son susceptibles a encharcamiento. Las zonas con suelos susceptibles de inundación ocupan cerca del 11% de las tierras agrícolas en América Latina (Wood et al., 2000).

En los sistemas ganaderos de América tropical en zonas húmedas predominan pasturas con diferentes especies de *Brachiaria* las cuales enfrentan cada vez más eventos climáticos extremos que se reflejan en inundaciones estacionales que limitan severamente su productividad y por ende la producción de carne y leche. En muchas de las zonas húmedas los productores utilizan el cultivar comercial de *Brachiaria humidicola* (CIAT 679), dada su alta tolerancia a suelos con deficiente drenaje. Sin embargo, este cultivar tiene una baja calidad forrajera que limita el desempeño animal. Por otra parte, el Programa de Mejoramiento de *Brachiaria* del CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) desarrollo dos híbridos que son comerciales (Mulato y Mulato II) y que tienen una serie de atributos positivos, pero que no son tolerantes a suelos mal drenados (Argel et al., 2005; Argel et al., 2007).

Por lo anterior, se postula que para que ganaderos puedan adaptar sus sistemas de pasturas al cambio climático es necesario desarrollar genotipos de *Brachiaria* con tolerancia a suelos con drenaje deficiente combinado con alta producción de biomasa y calidad nutritiva. Estas pasturas con genotipos mejorados de *Brachiaria* deberán contribuir a mejorar la producción de carne y leche en extensas áreas húmedas de Latinoamérica.

C. Propósito

Actividades/Logros

- Se cuantificarán áreas húmedas con drenajes deficientes en América latina, para dirigir genotipos de *Brachiaria* a "nichos" específicos.
- Se definirán mecanismos fisiológicos de adaptación de genotipos de *Brachiaria* a suelos con drenaje deficiente como base para ajustar una metodología de selección rápida y confiable.
- Se determinará la variabilidad genética que existe en tolerancia a suelos con drenaje deficiente y calidad nutritiva en *B. humidicola*, lo cual permitirá seleccionar genotipos superiores al cultivar comercial
- Se capacitará un profesional a nivel de doctorado en fisiología vegetal con énfasis en mecanismos de adaptación de plantas a suelos con drenaje deficiente

Impactos Esperados

- Adaptación de pasturas a excesos de lluvia vinculados con eventos extremos del clima asociados al cambio climático, mediante el uso de genotipos de *Brachiaria* con adaptación a suelos mal drenados

- Recuperación de extensas áreas de pastoreo degradadas debido al uso de especies no adaptadas a exceso de humedad en el suelo
- Producción mas alta de carne y leche en extensas áreas ganaderas con suelos húmedos en América latina mediante el uso de cultivares de *Brachiaria* productivos y de alta calidad.

D. Componentes

El Proyecto generara los siguientes productos:

1. Mapas de áreas de producción de carne y leche en el trópico húmedo de Latinoamérica con suelos con problemas de drenaje en función de clima actual y futuro
2. Método rápido y confiable de selección de genotipos de *Brachiaria* por tolerancia a suelos con drenaje deficiente basado en atributos y mecanismos morfológicos y fisiológicos de las plantas.
3. Híbridos de *Brachiaria* para suelos de mediana fertilidad y accesiones de *Brachiaria humidicola* para suelos de baja fertilidad, con tolerancia a suelos con drenaje deficiente y con mayor producción y calidad que los cultivares disponibles comercialmente.
4. Genotipos de *Brachiaria* con tolerancia a suelos con drenaje deficiente validados bajo condiciones de campo con la participación de productores.

E. Actividades

Para alcanzar las metas del proyecto se desarrollaran las siguientes actividades:

1. Análisis espacial para cuantificar áreas ganaderas en América Tropical con suelos con drenaje deficiente en función de clima actual y futuro

Para cuantificar áreas ganaderas a nivel continental con suelos con drenaje deficiente se emplearán modelos alimentados con datos de suelos y de clima que permitirán definir la probabilidad, duración y frecuencia de alta humedad en el suelo en función del clima actual y de clima futuro. Para evaluar impactos del cambio climático global en las condiciones locales del clima, se usarán resultados de al menos 5 modelos de circulación global (GCM) para los años 2020 y 2050. Para mapear almacenamiento agua en el suelo y excesos hídricos, se usaran datos de precipitación diaria tomados con el satélite TRMM, los cuales serán integrados con un modelo de balance hídrico genérico. Usando datos de clima actual y futuro, se caracterizarán tierras bajo pasturas en términos de humedad del suelo promedio en el año, duración y frecuencia de encharcamiento.

2. Aplicación de un método de selección de genotipos de *Brachiaria* por adaptación a suelos con drenaje deficiente basado en mecanismos morfológicos y fisiológicos de las plantas.

En el CIAT se desarrolló un método de tamizado para seleccionar híbridos de *Brachiaria* por adaptación a suelos con drenaje deficiente que involucra la simulación de inundación (5cm de lámina de agua sobre el suelo en macetas) por 21 días y la evaluación de un número de atributos de la parte aérea (Rao et al., 2007). Sin embargo, para usar en forma confiable este método de tamizado en un programa de mejoramiento genético de *Brachiaria* es necesario conocer los mecanismos asociados con adaptación de genotipos a suelos mal drenados. La identificación de mecanismos de adaptación usados por la plantas en respuesta a la inundación se basarán en la evaluación comparativa de genotipos *Brachiaria* (tolerantes vs. susceptibles) en condiciones controladas de estrés y sin estrés. Para identificar atributos de las plantas relacionadas con tolerancia a suelos mal drenados, se evaluarán respuestas morfológicas y fisiológicas de cada genotipo (Jackson and Colmer, 2005). Específicamente se medirá: a) biomasa foliar verde, área foliar verde y la proporción entre la biomasa foliar verde y la biomasa aérea total, b) contenida de clorofila e intercambio gaseoso en hojas mediante conductancia estomatal, transpiración y eficiencia de fotosíntesis (Baruch, 1994), c) características de aireación de las raíces (Voesenek et al., 2006) y d) respuestas metabólicas de las raíces a través de la actividad alcohol dehidrogenasa y piruvato decarboxilasa (Ismond et al., 2003)

La capacidad de recuperación de las plantas al estrés de humedad (21 días de inundación) será evaluada por el crecimiento de las plantas después de dejar drenar el suelo durante 21 días. La recuperación de las plantas se medirá en términos de biomasa foliar verde, aérea foliar, biomasa verde de la parte aérea y absorción de nutrientes en la parte aérea.

Se ha identificado un estudiante de Doctorado (Juan Andrés Cardoso, Colombiano) registrado en la Universidad de Granada (España) para realizar los estudios de mecanismos de adaptación de *Brachiaria* a suelos mal drenados en CIAT.

3. Selección de híbridos de *Brachiaria* y accesiones de *B. humidicola* adaptados a suelos con

drenaje deficiente y con una producción y calidad mayor que la de cultivares comerciales

El programa de Mejoramiento de *Brachiaria* en CIAT está desarrollando híbridos que combinan resistencia al salivazo, resistencia a Rhizoctonia con adaptación a factores abiótico (suelos ácidos, sequía), alta calidad nutritiva y calidad de semillas (Miles, 2007; Miles et al., 2004, 2006; Cardona et al., 2004; Wenzl et al., 2006). La aplicación de un método rápido y confiable de tamizado por adaptación a suelos con drenaje deficiente complementara los esfuerzos de mejoramiento de *Brachiaria* de CIAT al adicionar otro criterio de selección.

En el proyecto se evaluarán accesiones de *B. humidicola* (30 a 40) e híbridos de *Brachiaria* (40 a 50) con niveles diferentes de tolerancia a suelos mal drenados. Se incluirá en todas las pruebas controles negativos (*B. brizantha* cv Marandu, *B. decumbens* cv Basilisk y *Brachiaria* híbrido cvv Mulato y Mulato II) y un control positivo (*B. humidicola* CIAT 679 y *B. brizantha* cv Toledo). Los materiales experimentales se incluirán en un diseño de Bloques Completos al azar con 3 repeticiones. Cada unidad experimental consistirá de una maceta de 3.5 L con suelo (adecuadamente fertilizado) en donde se sembraran 2 estolones. Los estolones se dejarán crecer durante 50 días y luego se aplicara estrés por inundación mediante el mantenimiento de una lámina de agua de 5 cm sobre el suelo durante 21 días. Los genotipos serán evaluados de acuerdo a atributos de las plantas previamente seleccionadas en la actividad (2) donde se evaluaran mecanismos.

4. Evaluar con participación de productores y bajo condiciones de campo los genotipos de *Brachiaria* seleccionados por adaptación a suelos con drenaje deficiente.

Los híbridos de *Brachiaria* (10 a 15) y las accesiones de *B. humidicola* (5 a 10) que se seleccionen en la prueba de tamizado en el primer y segundo año del proyecto por tolerancia a mal drenaje se evaluarán durante 2 años en diferentes sitios de Colombia y Nicaragua. En Colombia, investigadores de CORPOICA seleccionarán fincas (una finca por localidad) en el piedemonte de los llanos (3000 mm de lluvia con suelos ácidos e infértiles) y en Valle del Sinu (1200 mm de lluvia/año) y Magdalena Medio (2800 mm de lluvia/año) con suelos fértiles, que tengan áreas con drenaje deficiente para establecer y evaluar los materiales seleccionados. En Nicaragua, investigadores del INTA seleccionarán fincas (2) en la zona atlántica (Nueva Guinea y Siuna) caracterizada por tener altas precipitaciones (la cantidad anual de precipitación se encuentra en el rango de los 2500 mm en la parte Norte, hasta más de 5000 mm en el extremo Sureste, según datos de INETER) y suelos con drenaje deficiente.

Los sitios para el ensayo deberán tener historia reconocida de mal drenaje y este mal drenaje deberá ser lo más uniforme posible en el lote experimental. En el área experimental se tomarán muestras de suelo para determinar sus características físicas y química y el nivel freático en época de lluvias. Las accesiones de *B. humidicola* y los híbridos de *Brachiaria* se establecerán mediante transplante de plántulas, por lo que previamente deben ser propagados en invernadero. Se incluirá en todas las pruebas controles negativos (*B. brizantha* cv Marandu y *Brachiaria* híbrido cvv Mulato y Mulato II) y un control positivo (*B. humidicola* CIAT 679 y *B. brizantha* cv Toledo).

El tamaño de las parcelas será de 2 m x 2 m (4 m²) y las plantas se sembrarán a 0.50 m en cuadro. La parcela efectiva será de 2 m² y tendrá 8 plantas para evaluación de establecimiento (porcentajes de prendimiento, cobertura y altura de plantas a los 21, 30, 60 y 90 días), rendimientos de MS cada 4 semanas después de un corte de uniformidad a los 90 días después de siembra, vigor y sobrevivencia de plantas para las mismas fechas, monitoreo de presencia de plagas y enfermedades y descripción de las condiciones de humedad del suelo en cada evaluación (saturación de humedad, tabla de agua y profundidad). Se tomaran muestras de forraje para medir variables de calidad (N, DIVMS, FND y FAD, P, Ca). Para las pruebas de campo se utilizará un diseño de Bloques Completos al azar con tres repeticiones. La información generada será analizada con métodos multivariados comparando medias dentro y entre sitios mediante la prueba de Duncan.

Durante el período lluvioso y seco se invitará a productores locales a evaluar los materiales usando métodos participativos desarrollados por CIAT para evaluación de germoplasma de forrajes (Hernández, 2007). Los materiales seleccionados al final del Proyecto serán multiplicados para incrementar la disponibilidad de semilla con el objeto de realizar pruebas de pastoreo en diferentes zonas ganaderas de América tropical. Se espera que los materiales más sobresalientes se liberen y estén disponibles a productores como cultivares de *Brachiaria* de alta calidad y productividad para suelos de fertilidad contrastante y con problemas de humedad.

F. Articulación entre el consorcio y con otros actores

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), es una organización internacional de investigación y desarrollo agrícola, sin ánimo de lucro, que tiene como objetivo contribuir a mitigar el hambre y la pobreza y

preservar los recursos naturales en países en desarrollo. Una de las Líneas de Producto del CIAT es la de Forrajes Multipropósito Mejorados, la cual tiene como uno de sus objetivos explotar la diversidad genética de diferentes especies de forraje para desarrollar cultivares mejorados que contribuyan a aumentar producción de carne y leche en zonas tropicales. Una de las fortalezas del CIAT es la de contar con la mayor colección de *Brachiaria* del mundo, lo cual le ha permitido adelantar un programa de mejoramiento genético que tiene como objetivo desarrollar genotipos con resistencia a factores bióticos y abióticos prevalentes en zonas ganaderas del trópico. Este programa de mejoramiento será la base del proyecto que se está proponiendo. CIAT ha sido muy exitoso con su programa de mejoramiento de *Brachiaria* en el desarrollo de híbridos que combinan atributos deseables. El consorcio de CIAT-CORPOICA-INTA- Nicaragua evaluará estos híbridos por tolerancia a inundación y/o suelos con drenaje deficiente con participación de agricultores en zonas vulnerables a inundación por cambio climático. CIAT contribuirá con el desarrollo de mapas con información de zonas vulnerables por inundación actual y futura y en refinamiento de metodologías para evaluar tolerancia a suelos con drenaje deficiente.

CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria) es la institución nacional en Colombia responsable de la investigación, desarrollo e innovación agrícola. En este proyecto CORPOICA colaborará con el CIAT en el mapeo de áreas con deficiente drenaje en función de clima actual y futuro en Colombia y otros países de América Latina. Por otra parte, CORPOICA será responsable de la evaluación en el campo de genotipos de *Brachiaria* seleccionados por adaptación a suelos con drenaje deficiente en pruebas de tamizado en CIAT. Este trabajo será ejecutado por investigadores de la Red de Pastos y Forrajes de CORPOICA, localizados en tres centros de investigación (C.I. La Libertad- Piedemonte de los Llanos, C.I. Turipana- Valle de Sinu y E.E. El Nus – Magdalena Medio). La Red será el vehículo para que los genotipos superiores de *Brachiaria* seleccionados en Colombia se multipliquen y evalúen en pruebas multilocacionales en diferentes zonas ganaderas donde existen suelos con drenaje deficiente, lo cual ayudara al proceso de difusión y adopción de los nuevos materiales.

INTA (Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria) es la institución pública encargada de la generación y transferencia de tecnologías para el sector agropecuario en Nicaragua. Los principales beneficiarios del INTA son familias de pequeños y medianos productores organizados en Cooperativas Agropecuarias. Para la ejecución de este proyecto, el INTA cuenta con dos centros experimentales en la Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS): uno en nueva Guinea, que es uno de los principales polos de ganadería doble propósito orientada más a leche, y otro en El Rama, donde la actividad ganadera de producción de leche y crianza están entre los primeros tres rubros de importancia económica para la zona; y una Agencia de Extensión en Siuna (RAAN), municipio que pertenece a la llamada "Vía Láctea de Nicaragua". Dentro del marco del proyecto, el INTA estará a cargo de los ensayos de campo, de las evaluaciones agronómicas y participativas que se hagan en ellos, y de continuar la difusión de los materiales que resulten promisorios.

G. Indicar el monto estimado que el consorcio solicitaría a FONTAGRO y los aportes estimados de contrapartida:

Recursos FONTAGRO: US \$ 450,000
 Recursos de contrapartida: US \$ 450,000
 Monto total estimado: US \$900,000

H. Periodo de ejecución:

Periodo de Ejecución: 36 meses

I. Organismo ejecutor líder del consorcio:

Nombre y cargo: Dr. Geoff Hawtin, Director General	Tel.: 57-2-445-0000
Organización: CIAT	Email: g.hawtin@cgiar.org
País: Colombia	

J. Investigador líder del consorcio (Ejecutor principal):

Organización 1: CIAT

Investigador Líder: Idupulapati Rao	Tel.: 57-2-445-0000
País: Colombia	Fax: 57-2-445-0073
	Email: i.rao@cgiar.org

K. Integrantes del consorcio (Organismos co-ejecutores):

Organización 2: CORPOICA

Investigador Líder: Dr. Pedro Argel	Tel.: 57- 094-786-0025
País: Colombia	Fax: 57-094-786-0219
	Email: pargel@corpoica.org.co

Referencias Citadas

- Argel, P. J., J. W. Miles, J. D. Guiot y C. E. Lascano. 2005. Cultivar Mulato (*Brachiaria* híbrido CIAT 36061): Gramínea de alta producción y calidad forrajera para los trópicos. Cali, CO: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2005. Boletín. 28 p.
- Argel, P. J., J. W. Miles, J. D. Guiot, H. Cuadrado y C. E. Lascano. 2007. Cultivar Mulato II (*Brachiaria* híbrido CIAT 36087): Gramínea de alta calidad y producción forrajera, resistente a salivazo y adaptada a suelos tropicales ácidos bien drenados. Cali, CO: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2007. Boletín. 22
- Baruch, Z. 1994. Responses to drought and flooding in tropical forage grasses. II. Leaf water potential, photosynthesis rate and alcohol dehydrogenase activity. *Plant and Soil* 164: 97-105.
- Cardona, C., P. Fory, G. Sotelo, A. Pabón, G. Díaz and J. W. Miles. 2004. Antibiosis and tolerance to five species of spittlebug (Homoptera: Cercopidae) in *Brachiaria* spp: Implications for breeding. *J. Econ. Entomol.* 97: 635-645.
- Christensen, J.H., B. Hewitson, A. Busuioc, A. Chen, X. Gao, I. Held, R. Jones, R.K. Kolli, W.-T. Kwon, R. Laprise, V. Magaña Rueda, L. Mearns, C.G. Menéndez, J. Räisänen, A. Rinke, A. Sarr and P. Whetton. 2007. Regional Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Hernández Romero, L.A. 2007. Selection of Tropical Forages: Development and implementation of a participatory procedure and main results from Honduras, Nicaragua and Costa Rica. *Reihe Kommunikation und Beratung*, Margraf Publishers, 108 pp.
- Ismond K.P., R. Dolferus, M. De Paw, E.S. Dennis and A.G. Good. 2003. Enhanced low oxygen survival in *Arabidopsis* through increased metabolic flux in the fermentative pathway. *Plant Phys* 132:1292-1302
- Jackson, M. B. and T. D. Colmer. 2005. response and adaptation by plants to flooding stress. *Ann. Bot.* 96: 501-505.
- Miles, J.W. 2007. Apomixis for cultivar development in tropical forage grasses. *Crop Sci.* 47:S-238-249.
- Miles, J. W., C. B. do Valle, I. M. Rao and V. P. B. Euclides. 2004. Brachiariagrasses. In: L. Moser, B. Burson and L. E. Sollenberger, (eds) *Warm-season (C4) grasses*. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA, pp.745-783.
- Miles, J. W., C. Cardona and G. Sotelo. 2006. Recurrent selection in a synthetic Brachiariagrass population improves resistance to three spittlebug species. *Crop Sci.* 46: 1088-1093.
- Rao, I. M., J. Rincon, R. Garcia, J. Ricaurte and J. Miles. 2007. Screening for tolerance to waterlogging in *Brachiaria* hybrids. Poster paper presented at ASA-CSSA-SSSA International Annual Meeting, New Orleans, LA, USA. 4-8 November, 2007.
- Rincón, J., I. M. Rao, R. García and J. Miles. 2007. Variación genotípica en la tolerancia a la inundación de 121 genotipos de *Brachiaria*. Paper presented at the XXXVII Congreso Anual de COMALFI (Sociedad Colombiana de Control de Malezas y Fisiología Vegetal), Santa Marta, Colombia. 2-4 May, 2007.
- UNFCCC. 2007. *Climate change: Impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries*. Climate Change Secretariat (UNFCCC), Bonn, Germany, 64p.
- Voesenek, L. A. C. J., T. D. Colmer, R. Pierik, F. F. Millenaar and A. J. M. Peeters. 2006. How plants cope with complete submergence. *New Phytol.* 170: 213-226.
- Wenzl, P., A. Arango, A. L. Chaves, M. E. Buitrago, G. M. Patiño, J. Miles and I. M. Rao. 2006. A greenhouse method to screen brachiariagrass genotypes for aluminum resistance and root vigor. *Crop Sci.* 46: 968-973.
- Wood, S., Sebastian, K. and Scherr, S. 2000. Soil resource condition. In: *Pilot analysis of global ecosystems: Agroecosystems*. International Food Policy Research Institute and the World Resources Institute, Washington, D.C., pp.45-54.