



La presente revisión, está basada en la experiencia de campo e investigaciones de los autores, complementada con más de 180 referencias de todo el mundo.

Se presentan las principales características de la especie: Siembra y establecimiento, Captura de carbono,

Tolerancia a encharcamiento, Nitrógeno y sostenibilidad, Utilización en Sistemas silvopastoriles, su rol en la Recuperación de suelos contaminados, Producción de forraje, Producción animal, finalizando con Producción de semilla.

Urochloa humidicola

Origen, Uso y Potencial



Esteban A. Pizarro y Raúl R. Vera

***Urochloa humidicola*: origen, uso y potencial**

Tópico	Página
Principales características agronómicas de la especie	03
Introducción	04
Siembra y establecimiento	06
Raíces: crecimiento, desarrollo y efectos en el suelo	08
<i>Urochloa humidicola</i> : Captura de carbono	13
Tolerancia a encharcamiento de <i>Urochloa humidicola</i>	16
Nitrógeno y sostenibilidad de <i>Urochloa humidicola</i>	20
<i>Urochloa humidicola</i> en sistemas silvopastoriles	21
Recuperación de suelos contaminados utilizando <i>Urochloa humidicola</i>	23
Producción de forraje	24
Rendimiento y manejo de la defoliación	29
Composición química y valor nutritivo de <i>Urochloa humidicola</i>	30
Producción animal: Ganancias de peso y variables relacionadas en <i>Urochloa humidicola</i>	33
Reproducción de ganado de carne	42
Estimación de la concentración de clorofila y su relación con la concentración de proteína cruda	44
Capacidad de Inhibición de Nitrificación Biológica y emisiones	46
Banco de semilla en praderas de <i>Urochloa humidicola</i>	48
Producción de semilla	49
Calidad fisiológica y sanitaria de la semilla, en relación a la región y empresa agropecuaria	64
Conclusiones	66
Referencias	67

Principales características agronómicas de la especie *Urochloa humidicola*

Nombre científico

Urochloa humidicola (Rendle) Morrone & Zuloaga.

Sinónimos

Panicum humidicola Rendle; *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick.

Familia/tribu

Familia: *Poaceae* (alt. *Gramineae*) subfamily: *Panicoideae* tribu: *Paniceae* subtribu: *Melinidinae*.

Origen

África: Angola, Botswana, República Democrática del Congo, Etiopía, Kenia, Malawi, Mozambique, Namibia (n.), Nigeria (n.), Sudáfrica (KwaZulu-Natal, Transvaal), Sudán, Tanzania, Zambia, Zimbabwe.

Nombres comunes

África: interere (Fula, Nigeria)

Asia: rumput beha (Indonesia); ya humidicola (Tailandia)

Inglés: Amazonian kikuyu grass, chetumal grass, chomo grass, creeping signal grass, Karonivia grass, false creeping paspalum, needle grass, sweet grass.

América Latina - Portugués: capim agulhao, pontudinho, quicuio da Amazônia.

Español: braquiaria dulce, humidicola, kikuyo de la Amazonía, paspalum falso rastrero, pasto aguja, pasto Chetumal, pasto dulce, pasto humidicola, pasto puntudo.

Cultivada y naturalizada

Asia: Indonesia, Laos, Malasia, Tailandia

Australasia/Pacífico: Australia, Fiji, Polinesia Francesa (Islas Marquesas, Islas de la Sociedad), Nueva Caledonia, Samoa, Islas Salomón.

Caribe: Puerto Rico, Trinidad y Tobago

América del Sur: Brasil, Colombia, Ecuador.

Cultivares

cv. Tully (BRA=001627 – CPI=16707 – CIAT= 679)

cv. BRS Tupi, de 36 cromosomas

Introducción

Urochloa humidicola, ha sido descrita por Bogdan (1977) como una gramínea perenne, fuertemente estolonífera, formando una cobertura densa, con hojas lanceoladas y lisas de color verde brillante. *U. humidicola* es poliploide y mayoritariamente apomíctica, pero extremadamente variable entre accesiones, con 36-54 cromosomas en los materiales examinados por Vigna *et al.*, (2016 a, b).

Nativa del este y sureste de África tropical que crece en áreas relativamente húmedas. Introducida a América, tropical, ha mostrado una amplia adaptación a la variabilidad de climas existentes. *U. humidicola* se difundió rápidamente a partir de la década de 1970 en varios países del continente (introducido por CIAT en 1973) y a partir de aproximadamente 1980 comenzaron a ser publicados resultados de manejo de la defoliación y de producción animal. Ejemplos de publicaciones tempranas incluyen a Misley y Everett (1981) en Florida, USA, y Tergas *et al.*, (1982) en Carimagua, Meta, Colombia, entre otros, demostrando desde el inicio un muy amplio rango de adaptación. Es así que se la observa, tanto en regiones de climas húmedos y suelos ácidos en Brasil (Simón Neto y Serrão 1974), donde se conoce como “Quicúio da Amazonia”, así como en regiones húmedo-secas con suelos fértiles en Ecuador (Tergas *et al.*, 1982).

También se encuentra en regiones con suelos ácidos e infértiles con sequía prolongada como en el Cerrado de Brasil (Buller *et al.*, 1972; Galvão y Lima, 1977) y en los Llanos Orientales de Colombia CIAT, 1978 y 1982). En los Llanos Occidentales de Venezuela se la considera una gramínea promisoría en regiones con un promedio anual de 1600 m, con períodos secos de cuatro a cinco meses (Khan and Marck, 1981). Igualmente, se la encuentra en suelos Espodosoles, arenosos, silícicos, Arenic Haplaquod de Florida, USA (Misley y Everett, 1981).

Las características del ecosistema relacionadas con cantidad distribución de lluvias y fertilidad natural del suelo, determinan en gran parte el potencial de producción de forraje de las gramíneas, y es así que la producción de forraje de las especies de *Urochloa* en general, aumentan considerablemente a medida que disminuye el déficit estacional de humedad del ecosistema de sabana hacia el bosque tropical (Cuadro 1).

Cuadro 1. Producción de forraje anual de *U. humidicola* en diferentes ecosistemas de Brasil

Localidad	Vegetación natural	Producción de forraje anual	
		Sin fertilizar	Fertilizado*
MS t ha ⁻¹			
Belém	Bosque	18.2	-
Ponta de Pedra	Sabana mal drenada	7.3	8.8
Macapá	Sabana bien drenada	3.2	8.8
Porto Velho	Bosque	18.2	28.2
Marabá	Bosque abierto	12.1	14.2

Adaptado de: Diaz Filho (1982)

*50 kg P₂O₅ ha⁻¹

La baja productividad de *U. humidicola* en el ecosistema sabana, parece estar relacionada con bajas tasas de crecimiento durante la estación seca (Cuadro 1), siendo mucho menor a medida que se prolonga el ciclo de la estación seca, tal cual ocurre en el Cerrado de Brasil.

Resultados de producción de forraje provenientes de algunas islas del Pacífico en condiciones de trópico húmedo, son similares a las obtenidos en regiones de América tropical (Roberts 1970; Reynolds, 1978).

Urochloa humidicola, es una gramínea que presenta una tolerancia excelente a bajo pH y alta saturación de aluminio.

Nuevos cultivares de *Urochloa humidicola* presentan diferentes patrones de adaptación al medio. El cv. BRS Tupi es más eficiente en el uso de los recursos disponibles. Crece más rápido en condiciones no limitantes y cv. Tully es más tolerante a suelos menos fértiles y sequías prolongadas. Por lo tanto, son una nueva opción para la ganadería del trópico (Barbosa *et al.*, 2013).

Urochloa humidicola cv. BRS Tupi fue lanzado en 2011 y seleccionado por su alta relación de hoja/tallo y superior digestibilidad que *U. humidicola* comercial. Además, confirmó rendimiento animal superior y mayor ganancia de peso individual, especialmente en la estación seca. Posee floración más temprana que el cultivar común, y es una alternativa para ser sembrada por semillas, en áreas húmedas, sujetas a inundaciones periódicas (Jank *et al.*, 2015).

Siembra y establecimiento

Es muy variada, extensa y controvertida, la información sobre la siembra de *U. humidicola*. Lo anteriormente mencionado, se aplica tanto para la siembra tradicional con material vegetativo como para siembra con semilla.

Las semillas de los cultivares “humidicola” (*U. humidicola* CIAT 679) y cv. Llanero (ex *U. dictyoneura* CIAT 6133) presentan un período de dormancia o latencia más prolongado que el de otras especies dentro del género *Urochloa*. En consecuencia, su germinación en el campo es muy lenta y bastante irregular, lo que dificulta el establecimiento de pasturas, haciendo necesario un mayor número de aplicaciones de herbicidas durante la fase de desarrollo de la pastura. Por esta razón es frecuente establecerla utilizando material vegetativo (estolones y cepas).

Uno de los trabajos más relevantes, es el conducido por Díaz y Sierra (2004). Los tratamientos utilizados fueron las combinaciones de dos cultivares (*U. humidicola* y *U. dictyoneura*), tres formas de propagación (semillas, estolones y cepas) y tres distancias de siembra (0.5, 1 y 1.5 m entre sitios en cuadro). A los 28 días, la germinación fue diferente ($P < 0.01$) entre los materiales de propagación, con el valor más alto en las cepas (62.5%), seguido por la semilla (43.2%) y los tallos (43.1%). A los 63 días, únicamente se encontraron diferencias ($P < 0.01$) en germinación entre materiales de siembra, siendo de 93.7% en las cepas, 90.8% en estolones y 51.3% en semillas.

En general, la germinación en *U. humidicola* fue mayor que en *U. dictyoneura*. Esto se explica debido a que las semillas de la primera, tienen un alto poder germinativo después de superar la latencia, como lo demuestran los trabajos de Muñoz (1985). Además, la latencia en las semillas de *U. dictyoneura* puede ser mayor de 8 meses y su enraizamiento muy bajo (Sierra, 1994).

En lo que respecta a la cobertura del suelo, los autores citados (Díaz y Sierra, 2004), mencionan que las cepas y los tallos cubrieron el 80% o más de la superficie del suelo, entre 154 y 159 días, mientras que con el uso de semillas este porcentaje se alcanzó 192 días. Con la distancia de siembra de 0.5 m, el tiempo requerido para cubrir 80% del suelo fue de 128 días, con la distancia de 1 m fue de 179 días y con 1.5 m entre sitios fue de 200 días. *U. humidicola* alcanzó el 80% o más de cobertura a los 161 días mientras que *U. dictyoneura* tardó 176 días (Cuadro 2).

Las principales conclusiones del trabajo realizado por Díaz y Sierra (2004), es que el uso de material vegetativo (cepas y tallos) para la siembra de ambas especies, permite alcanzar coberturas mayores del 80% en 5 meses, mientras que con el uso de semillas el tiempo de establecimiento requerido es 30% mayor que con material vegetativo. No obstante, es el método más frecuente en grandes extensiones.

Cuadro 2. Porcentaje de cobertura del suelo de dos especies de *Urochloa* utilizando diferentes materiales y distancia de siembra. Antioquia – Colombia

Material utilizado	Porcentaje de cobertura del suelo									
	Días después de la siembra									
	63	84	105	126	147	168	189	210	231	252
Cepas	*3.86a	10.45a	17.85a	39.68b	58.61a	77.61a	87.63a	90.77a	94.62a	96.47a
Tallos	1.78b	9.17a	23.21a	53.17a	65.10a	77.80a	138.74a	92.40a	94.23a	95.75a
Semillas	0.58b	2.04b	4.45b	18.78c	39.09b	52.52b	66.49a	75.41b	85.11a	94.05a
Distancia m										
0.5	3.74a	15.10a	32.12a	72.68a	91.88a	97.83a	100a	100a	100a	100a
1.0	1.73a	5.31b	10.33b	29.99b	47.22b	69.85b	84.15ab	90.20a	94.74a	98.00a
1.5	0.76b	1.25b	3.06b	8.96c	23.69c	40.25c	58.96b	68.37b	79.21b	88.27b

*Promedios en una misma columna seguidos de letras iguales no difieren significativamente ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan. Adaptado de Díaz y Sierra (2004).

Adaptación, Crecimiento y Desarrollo

El género *Urochloa* en general se adapta a alturas menores de 2000 msnm, con un mínimo de 600 mm anuales de lluvia entre 5 o más meses húmedos. Satisfechas esas limitantes generales, hay muy grande diversidad entre especies y cultivares en la reacción a dichas condiciones, además de su adaptación a estreses nutricionales y bióticos.

En el caso particular de la especie de *U. humidicola*, Keller-Grein *et al.*, (1966), reportaron que su distribución natural en el continente africano osciló en el rango de 20° 17' S – 11° 21' N, en alturas que variaron entre 560 y 2375 msnm, con meses secos de 2 a 7 y suelos con pH entre 4.0 - 7.0, y una precipitación que oscila entre 600 y 2800 mm anuales.

Los fenómenos del crecimiento y desarrollo de gramíneas y leguminosas forrajeras ha sido un tema de mucha investigación, y fueron extensamente tratados por Parsons y Chapman (2000), Moore *et al.*, (2004) y Wedin (2004), entre otros.

En términos generales, la tasa de crecimiento de los pastos se maximiza cuando el dosel intercepta 95% de la radiación solar fotosintéticamente activa, aunque en principio parecería que bajo pastoreo continuo esta maximización ocurre con intercepciones ligeramente menores que corresponden a alturas algo menores de 30 cm (Silva *et al.*, 2015; Sbrissa *et al.*, 2020). Estos conceptos han sido derivados para pastos tropicales principalmente con *U. brizantha* y *U. decumbens*, pero no existe información equivalente para *U. humidicola* aunque la recomendación de mantener un 95% de intercepción parece razonable y probablemente corresponde a una altura de 15-20 cm, consecuente con los resultados de Rincón (2011) que se enumeran más adelante.

Raíces: crecimiento, desarrollo y efectos en el suelo

El crecimiento y desarrollo de un sistema radicular es clave para la sostenibilidad de cualquier pastura debido a su aporte de agua y nutrientes del suelo para la planta, y también por sus efectos sobre las propiedades físico-químicas de los suelos. Al respecto, hay diferencias marcadas entre especies y aún entre cultivares de la misma especie.

Rao *et al.*, (2016), describieron las respuestas adaptativas de sistemas radiculares a suelos con baja fertilidad y alta toxicidad por Al. Los autores elaboran una descripción de las respuestas adaptativas de las raíces al bajo suministro de nutrientes minerales, con énfasis en la baja disponibilidad de nitrógeno (N) y fósforo (P) y en niveles tóxicos de Al. Finalmente, relatan el progreso realizado en la adaptación del sistema radicular de germoplasma de cultivos alimenticios comerciales tales como maíz, porotos y cultivos forrajeros del género *Urochloa*, con especial énfasis en *U. humidicola* cv. Tully. Concluyeron que las nuevas técnicas de investigación sobre el sistema radicular deben permitir el desarrollo de nuevos cultivares adaptados a baja fertilidad del suelo que, a su vez, mejorarán la sostenibilidad ambiental y la producción de alimentos.

Huot *et al.*, (2020) compararon el crecimiento radicular de varias especies forrajeras tales como *Urochloa*, *Megathirsus*, *Setaria* y *Cynodon* en un rizotrón y encontraron que las raíces de *M. maximus* se establecieron más rápidamente a 50 cm de profundidad que las otras especies examinadas y acumuló biomasa área foliar más rápido. Se diferenció de otras especies por un mayor porcentaje de longitud de raíz fina (< 0,2 mm de diámetro), una mayor tasa fotosintética y una relación entre la longitud de la raíz y el área de la hoja de acuerdo con el análisis del componente principal.

Los días-grado de crecimiento requeridos para el establecimiento de la raíz a 50 cm de profundidad se correlacionaron negativamente con el porcentaje de longitud de la raíz fina, y se correlacionaron positivamente con el ángulo de la raíz. La tasa exponencial de desarrollo de la profundidad de la raíz por día de grado de crecimiento aumentó con el diámetro promedio de la raíz en *U. humidicola* y *U. híbrido* Mulato II, lo que indica una estrategia de crecimiento conservadora.

La conclusión de los autores (Huot *et al.*, 2020) es que el rápido desarrollo vertical de la raíz con un ángulo radicular estrecho, una mayor tasa fotosintética, mayor proporción de longitud de la raíz con respecto al área de la hoja y un mayor porcentaje de raíces finas, fueron los mecanismos que permitieron a *M. maximus* establecer raíces profundas más rápido que las otras especies. *M. maximus*, parece ser más apto para evitar el estrés hídrico durante el secado de la superficie del suelo, accediendo a la humedad del perfil. Un mayor diámetro promedio de la raíz y el porcentaje de longitud de la raíz con diámetros más altos se relacionó con una mayor tasa exponencial de desarrollo de la profundidad de la raíz y un ángulo de raíz amplio.

Más recientemente, Rao (2021) discutió en detalle y extensamente, los mecanismos de adaptación del género *Urochloa*, y de sus principales especies, a altos niveles de Al y bajos de P en el suelo, así como la variada resistencia a la inundación. La adaptación, en particular del sistema radicular, a dichas limitantes puede ocurrir a expensas del crecimiento de la biomasa aérea ya que la planta puede dedicar una fracción de los productos

de la fotosíntesis a la detoxificación del Al o para adquirir P del suelo. Igualmente, y en particular en *U. humidicola*, la respuesta a la inundación puede requerir el desarrollo de tejidos especializados para sobrevivir en dichas circunstancias, y al igual que en el caso anterior, parte de la fotosíntesis puede derivarse a la construcción de dichos órganos.

Dado que el sistema radicular es clave para regular el flujo de agua y nutrientes necesarios para una eficiente fotosíntesis, Tracy *et al.*, (2020) revisaron y compararon programas de selección fenotípica de sistemas radiculares, que permiten la selección de futuros cultivares más eficientes y propusieron que con técnicas modernas no destructivas, es posible avanzar mucho más rápidamente en dicha selección, en coincidencia con Rao *et al.*, (2016).

Cardoso y Rao (2019) revisaron los mecanismos de adaptación al estrés hídrico en gramíneas tropicales e indicaron que *U. humidicola* posee un sistema radicular profundo, menor área foliar y mejor ajuste osmótico que *U. brizantha*, *U. mutica* y *U. decumbens*. Igualmente, el estrés nutricional conduce también a numerosas adaptaciones fisiológicas y de arquitectura de la planta, incluyendo profundidad y abundancia de raíces, lo cual además influencia la acumulación de C en el suelo. Esta posible acumulación de materia orgánica (carbono) en el suelo bajo pasturas tropicales fue recientemente revisada en detalle por Ayarza *et al.*, (2021, en revisión), por lo cual sólo se hará breve mención del asunto relacionado específicamente a *U. humidicola*.

La mayor parte de las gramíneas forrajeras tropicales muestra respuestas a la sequía de tipo evasivo y de tolerancia (Ludlow *et al.*, 1983; Fisher y Ludlow, 1984; Ludlow, 1989; Clements, 1990; Baruch y Fisher, 1991). Las primeras incluyen cambios morfológicos que incrementan el acceso a la humedad del suelo y minimizan las pérdidas de agua por transpiración, por lo que la eficiencia de uso de agua aumenta. Las respuestas de tolerancia permiten el mantenimiento de la turgencia celular aún a potenciales hídricos foliares bajos. Como consecuencia, las plantas mantienen durante la sequía una actividad fotosintética reducida pero capaz de soportar el crecimiento por un tiempo mayor (Chaves, 1991; Chaves *et al.*, 2003).

Para las sabanas venezolanas, se ha establecido empíricamente que algunas especies como *U. humidicola* son más aptas para ambientes secos mientras que otras, como *U. decumbens*, son menos tolerantes a la sequía (Comerma y Chacón, 2002). Sin embargo, son escasos los estudios sobre los mecanismos de respuesta a la sequía, aun cuando *Urochloa* es de gran importancia para la ganadería tropical (Baruch, 1994; Fisher y Kerridge, 1998; Guenni *et al.*, 2002, 2004).

Por otra parte, *U. dictyoneura* y en menor grado *U. humidicola*, comparten mecanismos de evasión y tolerancia a la sequía. La relativamente baja tasa de crecimiento y un sistema radical profundo, permite una extracción y uso de la humedad más eficiente a lo largo de la sequía. Adicionalmente, otros caracteres morfológicos (enrollamiento de la lámina foliar) y fisiológicos (ajuste osmótico) pudieran efectivamente extender la actividad fotosintética para mantener un crecimiento continuo de las raíces y por consiguiente cierta biomasa forrajera por períodos de tiempo más prolongados. Estas especies, que son menos exigentes en la fertilidad del suelo, pudieran ser más exitosas en sabanas con suelos

profundos y sequías más largas, como el sureste del Estado Guárico y los Llanos Orientales en Venezuela (Comerma y Chacón, 2002).

La arquitectura del sistema de raíces ramificadas de las plantas es una de las principales determinantes del vigor. Se sabe que la disponibilidad de agua afecta la fisiología y crecimiento y crecimiento de la raíz. Sin embargo, la escala espacial en la que este el estímulo influye en la arquitectura de la raíz no se comprende bien.

Como se dijera antes, hay poca información sobre varios aspectos del sistema radicular de pastos tropicales. De acuerdo a Scurlock y Hall (1998) menos del 10% de los estudios en pastos ha hecho estimaciones; producción de biomasa subterránea, a pesar del papel significativo de estos sistemas en el ciclo global del carbono. El estudio de tales aspectos exige la cuantificación de variables como la longitud total y el diámetro de las raíces, así como su área superficial (Rossiello *et al.*, 1995; Dowdy *et al.*, 1998) y el ángulo de penetración de las raíces (Cardoso y Rao, 2019). Este tipo de información puede constituir un importante subsidio en la evaluación del potencial de un forraje, en términos de eficiencia de uso y el ciclo de nutrientes, contribuyendo también a una mejor comprensión del efecto de las prácticas de manejo en la sustentabilidad del ecosistema: suelo-planta animal (Da Gama Rodrigues, y Cadima-Zevallos, 1991; Corsi *et al.*, 2001, Carvalho *et al.*, 1992).

La escasez de datos sobre raíces se explica en parte, debido a las dificultades impuestas por la naturaleza del objeto de estudio, que requiere gran esfuerzo en la colecta y preparación de las muestras extraídas a diferentes profundidades en el perfil del suelo, y alternativamente, estudios en rizotróf como ya se mencionara en el caso de Huot *et al.*, (2020).

Una descripción completa del enraizamiento debe considere variaciones en la extensión vertical como horizontal del sistema de raíces (Van Noordwijk, 1993). Sin embargo, en el caso de pasturas estoloníferas como *U. humidicola*, donde las plantas están muy cerca unas a otras, la densidad de las raíces varía principalmente en la dirección vertical (Bengough *et al.*, 2000).

Costa *et al.*, (2002), estudiaron la distribución y morfología de la raíz de *U. humidicola* en el Instituto de Zootecnia de la Universidad Federal Rural de Río de Janeiro-UFRRJ, localizada a 22° 45'S; 43° 41'W y 33 msnm, en un suelo tipo Planosol. Los datos fueron obtenidos a través del método de excavación y extracción en secuencia de monolitos en el perfil del suelo (1 m x 0.2 m x 0.05 m). Las raíces recuperadas fueron clasificadas manualmente en tres clases, según su diámetro: gruesas (2.5 - 1.6 mm), medias (1.5 - 0.8 mm) y finas (0.8 - 0.25 mm) y evaluadas en relación con su masa seca, longitud y área superficial.

Los resultados indicaron que esas características se distribuyeron según un patrón exponencial decreciente con la profundidad, dentro de la sección del perfil muestreado (0 - 0.7 m.). Las raíces finas se encontraron en su mayoría hasta 0.2 m en el perfil del suelo y explicaron casi la totalidad de la longitud y el área del sistema radicular, y más de la mitad de su masa seca total. El método de muestreo utilizado, acoplado con el análisis digital de imágenes, fue suficientemente sensible para detectar variaciones en la distribución vertical de las tres clases de diámetro de raíces estudiadas.

El sistema radicular de las plantas puede afectar propiedades físico-químicas del suelo. Gichangi *et al.*, (2016) estudiaron el efecto de cultivares de *Urochloa* en la agregación y estabilidad en suelos del trópico semi-árido de Kenia. Los principales resultados fueron que la agregación del suelo es uno de los indicadores a corto plazo de la calidad del suelo, atribuido a los cambios en la gestión del suelo. Realizaron un estudio para investigar los cambios en la distribución del tamaño y la estabilidad de los agregados del suelo en un suelo franco arenoso estructuralmente inestable, tras el cultivo de pastos *Urochloa* en la región semiárida de Kenia. Los cultivares de *Urochloa* incluyeron *U. decumbens* cv. Basilisk, *U. brizantha* cvs. Marandu, MG4, Piata y Xaraes, *U. humidicola* cv. Llanero y el híbrido cv. Mulato II, los cuales, fueron comparadas con dos gramíneas forrajeras cultivadas localmente (*Chloris gayana* cv. KAT R3 y *Pennisetum purpureum* cv. Kakamega 1) y suelo desnudo, el cual, fue el control negativo.

Las fracciones de tamaño de agregados se aislaron utilizando el método de tamizado en húmedo. La agregación basada en la proporción de macro-agregados pequeños (250-2000 μm) aumentó en suelos cultivados con todos los tipos de gramíneas, en comparación con el control suelo desnudo y fue mayor en suelos bajo el híbrido cv. Mulato II. La estabilidad de los agregados en términos de peso medio de diámetro (PMD) se diferenció entre los pastos, y fue mayor en suelos bajo cv. Mulato II y cv. Marandu con un PMD de 4.49 y 4.31 mm, respectivamente (Cuadro 3).

Los cambios en la fracción de macro agregados pequeños se correlacionó positivamente con las partículas de materia orgánica (PMO) ($r = 0.9104$, $P = 0.001$), el carbono de la biomasa microbiana (CBM) ($r = 0.5474$, $P = 0.01$), carbono orgánico del suelo (COS) ($r = 0.3654$, $P = 0.05$) y la biomasa de la raíz ($r = 0.4977$, $P = 0.01$). Esto indicó que los agentes de unión, eran importantes en la agregación de los suelos cultivados con gramíneas del género *Urochloa*.

Cuadro 3. Efecto del tipo de gramínea en la composición de agregados del suelo

Gramínea	Cultivar	Diámetro promedio	Partículas de MO	Carbono orgánico del suelo
		mm	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹
<i>U. decumbens</i>	Basilisk	4.08	0.65	13.97
<i>U. humidicola</i>	Llanero	3.73	0.46	13.82
<i>U. brizantha</i>	Marandu	4.31	0.77	14.13
<i>U. brizantha</i>	Xaraes	3.81	0.66	14.24
<i>U. brizantha</i>	Piatã	3.58	0.38	13.86
U. híbrida	Mulato II	4.49	0.93	13.99
Suelo desnudo	-	2.95	0.16	12.09
LSD (p<0.05)		0.18	0.08	0.96
CV %		4.1	12.3	6.0

Adaptado de Gichangi, E. M. *et al.*, (2016)

En suelos ácidos y de textura media a pesada de Carimagua (Meta, Colombia) la producción anual de biomasa de raíces es alta en *U. humidicola* CIAT 6133. En una pastura de 9 años de edad bajo pastoreo rotativo (Rao, Plazas y Ricaurte, 2001a) esta gramínea produjo 6117 kg ha⁻¹ año⁻¹ de raíces en 0-80 cm profundidad, comparado con 5561 kg

ha⁻¹ año⁻¹ cuando se asoció con *Arachis pintoi*. Estas cifras se comparan con 2408 kg ha⁻¹ año⁻¹ de la sabana nativa. La gran mayoría de esta biomasa se acumula en los primeros 30 cm del suelo; lo mismo se aplica a la longitud total de raíces. La tasa de reciclaje anual (turnover time) es aproximadamente igual para todas ellas, 2.2-2.3/año, y reciclaron 7.2, 5.8 y 1.2 kg N ha⁻¹ año⁻¹ para *U. humidicola* pura, asociada y sabana respectivamente. La relación C:N en esta gramínea es generalmente alta, pero disminuye muy considerablemente con la fertilización (Rao *et al.*, 2001b). El almacenamiento de nutrientes en las raíces de *U. humidicola* CIAT 6133 es también proporcionalmente alto: como media de 57 meses, fueron 12 kg N ha⁻¹ año⁻¹, en comparación con 4 kg ha⁻¹ año⁻¹ en la sabana, y 1.42 versus 0.23 kg P ha⁻¹ año⁻¹ respectivamente.

En resumen, entonces, la biomasa hipógea es capaz de almacenar y reciclar grandes cantidades de nutrientes y carbono, pero también puede consumir cantidades considerables de carbohidratos provenientes de la fotosíntesis en procesos de adaptación al estrés de nutrientes en el suelo.

***Urochloa humidicola*: Captura de carbono**

La producción de raíces y su descomposición en los agroecosistemas de pasturas son procesos claves en la dinámica de nutrientes y en especial el del carbono (Rao *et al.*, 2001), la cual es afectada por factores como manejo (Fynn *et al.*, 2003); periodos de pastoreo, carga animal (Wise y Abrahamson 2007), y condiciones del suelo (Thorne y Frank 2009; Wenz *et al.*, 2006), entre otras. Diversos estudios han demostrado la importancia de las pasturas en la reducción de los niveles de CO₂ en la atmosfera y acumularlo en su sistema radicular (Rees *et al.*, 2005; Frank *et al.*, 2004), y por descomposición depositarlo en el suelo (Nguyen 2003). Debido al contante crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero y al desmonte cada vez mayor de áreas en bosques (Wassenaar *et al.*, 2007), se ha postulado que las pasturas bien manejadas pueden ser una opción para la fijación del carbono (IPCC2001, 2001). Así mismo, debido a las grandes áreas que se encuentran en la actualidad en la amazonia y en general, ambientes tropicales, es deseable determinar la cantidad de carbono capturado en el suelo y la que se acumula en las raíces de gramíneas mejoradas.

Con ese objetivo, Ramírez *et al.*, (2009), llevaron a cabo un estudio en el ecosistema bosque húmedo tropical, piedemonte amazónico colombiano, departamento del Caquetá. La climatología de la región comprende un periodo de 8 meses de intensas lluvias, con una precipitación anual promedio de 3600 mm, que disminuyen durante los meses de noviembre a febrero. La temperatura media es 25,2°C y 83,6% la humedad relativa. Los suelos presentan pH bajo, con alta saturación de aluminio y baja disponibilidad de nutrientes.

El análisis de raíces se efectuó sobre muestras de suelo derivadas de cilindros de suelo obtenidos para determinar densidad aparente. Se realizó un solo muestreo por finca, durante el cual se evaluaron cinco tratamientos de pasturas en monocultivo y asociadas con leguminosas herbáceas, además de una pastura degradada. Debe notarse que los tratamientos (pasturas) en este estudio transversal están confundidos con fincas, lo cual puede introducir errores en la información obtenida.

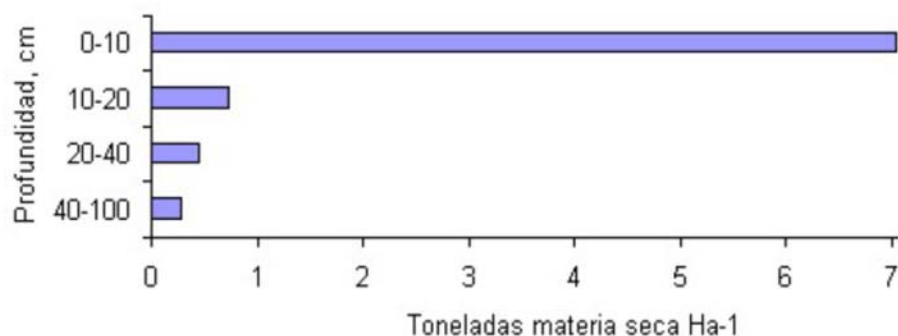
Los tratamientos estudiados fueron los siguientes:

- UH+LEG *U. humidicola* asociado con leguminosa herbácea
- UD+LEG *U. decumbens* asociado con leguminosa herbácea
- BH *Brachiaria humidicola* monocultivo
- UD *U. decumbens* monocultivo
- PD Pastura degradada

Los principales resultados confirman que la biomasa promedio de las raíces finas expresada en toneladas de materia seca por hectárea, disminuyó con la profundidad del suelo, como muestra la siguiente Figura 1. Los resultados presentados en la figura mencionada, indican que más del 80% de las raíces finas se encuentran en las capas superficiales, en especial, en los primeros 10 centímetros de profundidad, lo que se conoce como una

característica de especies vegetales que crecen sobre suelos pobres en nutrientes.

Figura 1. Biomasa promedio de raíces finas topografía plana a cuatro profundidades



El documento de Ramírez *et al.*, (2009), muestra una distribución de raíces de pasturas concentrada en los primeros 30 centímetros del perfil del suelo. Esta distribución de las raíces en las capas superficiales, es característica de gramíneas pastoreadas intensamente, que crecen en suelos pobres con reducción de nutrientes en las capas profundas. Los resultados promedios de la biomasa de raíces encontrados en este estudio en la región amazónica colombiana corresponden a 7,0 toneladas de MS ha⁻¹ para los tratamientos ubicados la topografía plana y 6,4 para la pendiente, y difieren de los encontrados por Zhiping *et al.* (2004) en un estudio realizado en las laderas andinas de Colombia, en el cual encontraron producciones de 9,3 toneladas por hectáreas para plantas C4 como pasto elefante *Pennisetum purpureum* (gramínea de porte alto para corte). Sin embargo, al relacionar los resultados, con 4,2 toneladas de MS ha⁻¹ y las pasturas evaluadas en este artículo, se puede observar que las pasturas de *Urochloa* evaluadas, presentaron un mayor desarrollo radicular que las ubicadas en una posición favorable para la captura de carbono en suelos pobres.

Los principales resultados del trabajo realizado por Ramírez *et al.*, (2009), sugieren que los sistemas de pasturas mejorados asociados con leguminosas con abundante desarrollo de biomasa radicular, tienen la capacidad de capturar carbono atmosférico y fijarlo al suelo y que cantidades mayores de raíces finas producidas por pasturas mejoradas, predicen mayores cantidades de stock de carbono. Otro estudio transversal (Amézquita *et al.*, 2008) incluyó una variedad de países y sistemas de uso de la tierra. Para el caso de la Amazonia colombiana y en áreas planas, reportaron que *U. humidicola* en monocultivo y asociada con leguminosas resultaron en un stock de C en el suelo de 144 y 138 ha⁻¹ a 100 cm de profundidad de C respectivamente, en tanto que *U. decumbens*, tuvo un stock de C de 124 ha⁻¹ versus asociada 128 ha⁻¹.

En topografía con pendiente, se presentaron mayores valores, siendo de 159 toneladas de C ha⁻¹ para *U. humidicola*, y 172 para *U. decumbens* asociada. La pastura degradada presentó los menores valores 129 toneladas de carbono ha⁻¹. Sin embargo, el stock de C bajo la selva nativa fue de 183 y 309 ha⁻¹ en áreas planas y pendientes respectivamente. Es importante notar que el efecto de sitios y repeticiones dentro de ellos fue

estadísticamente importante, lo cual nuevamente indica una limitante de los estudios transversales, razón por la cual deben ser apoyados con experimentos diseñados y a largo plazo, tal como lo mencionan los autores.

En un experimento a largo plazo conducido en el Cerrado de Brasil, Sousa *et al.*, (1997) encontraron que el cultivo continuo de soya por 13 años disminuyó la materia orgánica del suelo en 24%, pero que luego de 9 años consecutivos de *U. humidicola* recuperaron y aún excedieron los niveles originales de la misma.

En Oxisoles de las sabanas hipertérmicas de Colombia (Llanos), Fisher *et al.*, (1994), Rao *et al.*, (2001) y Trujillo *et al.* (2006) reportaron que *U. humidicola* es capaz de almacenar 1.000 o más kg ha⁻¹ de C orgánico en el suelo hasta 1 m de profundidad y por lo menos, durante 10 años consecutivos, aunque se ignora cuantos años puede continuar esas tasas de acumulación.

Por ejemplo, la cantidad y longitud de raíces en los primeros 80 cm del suelo en los Llanos de Colombia, 4 años después del establecimiento de *U. humidicola* CIAT 6133 fluctuó entre 2.82 y 9.47 t ha⁻¹, en comparación con 0.78 a 2.66 t ha⁻¹ en la sabana nativa (Rao, 1988). Todos estos resultados aplican a suelos con textura media, en tanto que se esperaría que las cifras fueran menores en suelos arenosos.

Similares observaciones fueron reportadas por Tarré *et al.*, (2001) para la zona de la Mata Atlántica de Brasil, en el Sur del estado de Bahía (16° 39'S, 39° 30' O) en muestreos repetidos desde 1986 a 1997. No obstante, la mayor parte de la acumulación ocurrió en los primeros 30 cm de suelo. También en la Amazonia de la Guayana Francesa, Stahl *et al.*, (2016 a, b) reportaron los mismos hallazgos en pasturas antiguas (hasta más de 30 años) establecidas en una variedad de fincas.

La asociación con leguminosas persistentes y a largo plazo aumentó la captura de C en el suelo en el caso de la mezcla *U. humidicola* con *D. ovalifolium* (actualmente *Grona heterocarpa subsp. ovalifolia*) en Itabela, Brasil de 92.2 t ha⁻¹ para *U. humidicola* sola a 97.2 t ha⁻¹ para la asociación (Tarré *et al.*, 2001). Similares resultados fueron obtenidos en Carimagua, Llanos de Colombia, donde la misma leguminosa asociada duplicó la fijación anual de C respecto a la gramínea pura (Fisher *et al.*, 1997)

En resumen, *U. humidicola* bien manejada es capaz de capturar C atmosférico en forma sostenida por 10 o más años, dependiendo del sitio y textura del suelo, y su asociación con una leguminosa persistente puede aumentar la fijación de C.

Tolerancia a encharcamiento de *Urochloa humidicola*

Anegación o encharcamiento

El anegamiento consiste en la presencia en exceso de agua en el suelo, o en cualquier medio en que se desarrollen las raíces de las plantas.

En la naturaleza, el anegamiento de los suelos es propio de cenagales que ocupan el 6% de la superficie de la tierra y sustentan una vegetación total o parcialmente sumergida, de forma permanente o en periodos prolongados (Jackson *et al.*, 1991). En América tropical, se estima un área del orden del 11.3% de las tierras agrícolas (Wood *et al.*, 2000; Cardoso *et al.*, 2013).

El primer síntoma de daños por anegación es un cierre estomático. Con el cierre de los estomas, la absorción pasiva de agua por la planta disminuye, disminución a la que se añade la de la absorción activa por falta de oxígeno en el cortex radicular. Asimismo, el movimiento del agua a distancia, vía xilema, mayoritariamente por flujo de masa, también decrece. El descenso de la transpiración conlleva un marchitamiento de las hojas y una senescencia precoz que acaba en su caída (Kozlowski, 1984).

Mecanismos de tolerancia a la anegación

Al igual que en otras clases de estrés, las plantas pueden tolerar el encharcamiento mediante mecanismos que implican el transporte y suministro de oxígeno a los órganos sumergidos en el agua (Armstrong *et al.*, 1994). Dichos mecanismos incluyen:

a) aumentando el número de raíces finas en las capas de suelo más superficiales, de condición aeróbica, al igual que lo hace *U. humidicola* (ver Cuadro 4 y fotos 1 y 2);

b) transportando el oxígeno fotosintético (o atmosférico incorporado a la planta vía estomas o lenticelas súper desarrolladas del tallo) a través de un «continuum espacio-gas» en los tejidos corticales (como sucede en el arroz) y, en algunos casos, por elementos del xilema que han perdido su función conductora del agua y están llenos de gas;

c) desarrollando tejido de aerénquima, formado de preferencia en raíces, aunque también susceptible de formarse en rizomas, tallos y hojas, como destaca la foto 1, donde puede observarse la formación de tejido de aerénquima luego de permanecer 70 días en encharcamiento (ver foto 2).

En las raíces encharcadas el agua actúa de barrera impidiendo la salida del etileno al exterior, desplazándose a los tallos por difusión, no con el flujo transpiratorio.

En estos tallos, en la región sumergida en el agua se produce hipertrofia, su crecimiento en grosor aumenta, se forman raíces aéreas adventicias, con implicación de la auxina y del etileno (Visser, 1997). Asimismo, se desarrollan lenticelas en mayor número y tamaño, las cuales pueden favorecer la salida del etileno acumulado en los tejidos y favorecer la absorción de oxígeno.

Cuadro 4. Promedio de raíces adventicias producidas durante el ciclo de encharcamiento inducido*

Cultivares	Raíces adventicias		
	Delgadas	Medianas	Gruesas
	No. total, de raíces		
<i>U. humidicola</i> CIAT/679	319.3 ± 114.3 a**	95 ± 28.6 b-c	129.3 ± 40.3 a
Cayman*** CIAT/BR02/1752	36.8 ± 10.5 c	20 ± 5.2 d	20.5 ± 7.2 c-d

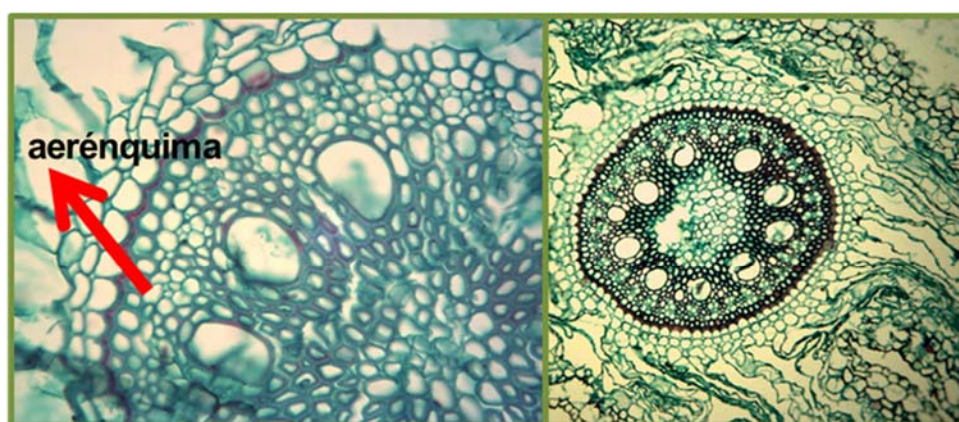
Raíces delgadas= < 0.6 mm; Raíces medianas= 0.6 - 0.8 mm; Raíces gruesas= > 0.8 mm.

* Literales diferentes en columna son significativas estadísticamente (P>0.05).

**U. híbrida cv. Cayman=CIAT/BR02/1752 (Pizarro y Hare 2014)

***(Pizarro, E.A. *et al.*, Datos sin publicar)

Foto 1. Sección de raíz de *Urochloa humidicola* en condiciones de encharcamiento inducido por 50 días y buen drenaje*



Raíz de *U. humidicola* con encharcamiento inducido (izquierda) y raíz sin sufrir encharcamiento (derecha)

*(Pizarro, E.A. *et al.*, datos sin publicar)

Foto 2. Raíces de *Urochloa humidicola* luego de 70 días de encharcamiento inducido*



*(Pizarro, E.A. *et al.*, datos sin publicar)

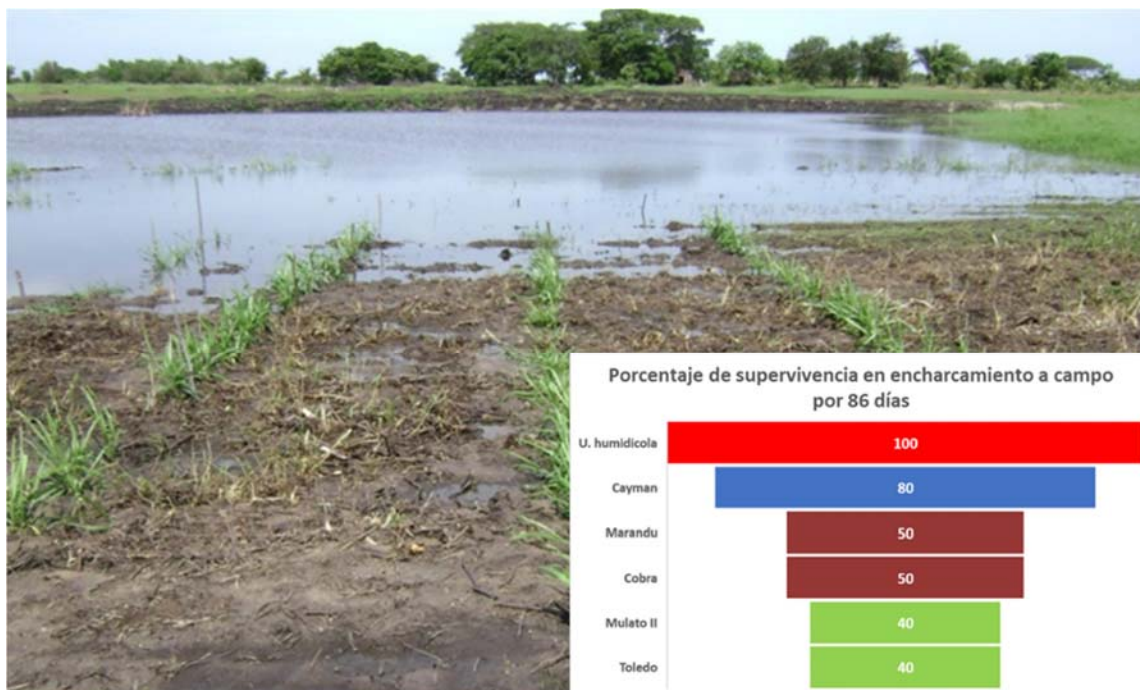
Raíz adventicia

La raíz adventicia es aquella raíz que crece a partir de otro órgano que no es la raíz primaria, puede salir de otras partes de una planta como los tallos, hojas o raíces viejas. Es decir, las raíces adventicias se diferencian de las embrionales porque nacen en cualquier parte de la planta excepto en el embrión. Las raíces adventicias son muy comunes en la planta del maíz (Hochholdinger *et al.*, 2005). También en las frutillas (Fragaria), donde en cada nudo crecen raíces adventicias (Casierra-Posada y Vargas, 2007).

El Cuadro 4, destaca otra de las características positivas de *U. humidicola*, que es su tolerancia a encharcamiento, especialmente por su capacidad de producir un porcentaje elevado de raíces delgadas (< 0.6 mm), cuando comparada con otras gramíneas con características positivas de tolerar encharcamiento como el cv. Cayman.

En un ensayo realizado en México, en condiciones de campo, comparando *U. humidicola* junto a los principales cultivares comerciales del género *Urochloa*, con el objetivo de estimar tiempo de supervivencia en condiciones naturales de anegamiento, fue confirmada nuevamente la capacidad de *U. humidicola* de persistir plenamente en comparación con los cultivares evaluados. El único cultivar que permaneció activo fue cv. Cayman, que tiene la capacidad de emitir raíces adventicias, luego de permanecer al menos por 21 días bajo encharcamiento (Pizarro, E. A. *et al.*, trabajos sin publicar). La figura 2, muestra el rango de supervivencia, que osciló de 100% para *U. humidicola* hasta el 40% en los cultivares Mulato II y Toledo.

Figura 2. Supervivencia de *U. humidicola* frente a cultivares comerciales del mismo género en encharcamiento inducido por 86 días en condiciones naturales de encharcamiento en Laguna Don Vicente. Santa Elena, Oaxaca, México



Sumado a las características positivas señaladas en las secciones anteriores, especialmente en su capacidad de capturar C atmosférico en forma sostenida por largo tiempo, se suma una característica no menos importante, que es la de producir, sobrevivir y especialmente persistir, en condiciones de encharcamiento prolongado.

Nitrógeno y sostenibilidad de *Urochloa humidicola*

No cabe duda que el N es clave en el crecimiento de gramíneas tropicales y particularmente para el caso de *U. humidicola*. El grupo de Itabela, Bahía, Brasil (Boddey *et al.*, 2004) documentó con cifras de largo plazo, el delicado equilibrio de sistemas extensivos de pastoreo basado en esta gramínea. El principio esencial de la sostenibilidad en cuanto a la nutrición mineral, es que la exportación de nutrientes no puede exceder los insumos. Aunque es tentador concentrarse en la exportación de N en el producto (ganancia de peso, leche, etc.), las pérdidas mayores podrían ocurrir por la vía de lixiviación de N del suelo, y las emisiones de N a la atmósfera. Los autores antes citados, calcularon que con una carga de 4 animales por ha, el N consumido por los animales fue de 158 kg por año, 8.6 kg de los cuales son retenidos (y exportados eventualmente) en la ganancia de peso, en tanto que el balance (150 kg) son devueltos en forma de heces fecales y orina. Esta última, es particularmente susceptible a pérdidas de N por volatilización, desnitrificación y lixiviación. En consecuencia, potencialmente las pérdidas de N del sistema podrían llegar a 57 kg ha⁻¹ año en el sistema examinado por los autores. Como se indica en otras secciones de esta revisión, el manejo conducente a favorecer el crecimiento de raíces y de la biomasa aérea, y la completa cobertura del suelo, son esenciales para minimizar las pérdidas potenciales de N (Chirinda *et al.*, 2019).

***Urochloa humidicola* en sistemas silvopastoriles**

Existe interés por el desarrollo de sistemas silvopastoriles en toda América tropical, pero las comparaciones entre ellos y sistemas tradicionales presentan numerosas dificultades metodológicas que requerirían un tratamiento mucho más detallado del que aquí corresponde. Por ejemplo, hay numerosas comparaciones de sistemas silvopastoriles establecidos a partir de pasturas degradadas, usando insumos químicos, siembra de árboles, mano de obra y gerenciamiento detallado, con las mismas pasturas degradadas exentas de dichos insumos, pero en general, se carece del efecto de los mismos insumos en ausencia de los árboles por lo cual es frecuentemente imposible asignar los efectos observados a cada una de las intervenciones realizadas, y no sorprende que el sistema silvopastoril resulte en mejores niveles de producción que el testigo degradado y no tratado. Adicionalmente, se carece en general de informes a largo plazo (5 o más años). Por ello, los resultados reportados en la literatura científica deben ser examinados con precaución. Un ejemplo de esas situaciones se describe brevemente a continuación.

Los sistemas silvopastoriles (SPS) se están evaluando en la región amazónica colombiana para mejorar los pastizales involucrando una mayor diversidad de especies, labranza del suelo, fertilización y mayor carga ganadera, lo que puede inducir cambios en las propiedades y funciones del suelo. El estudio, realizado por Olaya-Montes *et al.*, (2020), tuvo como objetivo evaluar las propiedades químicas del suelo y los cambios en el secuestro de carbono debido el desarrollo en la región amazónica colombiana, específicamente en los condados de La Montañita (1°29'15.6"N 75°26'19.3"W) y El Doncello (1°44'33.4"N 75°16'05.0"W), en Caquetá-Colombia, segundo punto de deforestación más importante en toda la cuenca del Amazonas.

En cada sitio de estudio, se estudió una cronosecuencia que consta de tres áreas siguiendo el cambio de uso de suelo típico en la región: (i) vegetación nativa, (ii) pasto tradicional (*Urochloa* spp.) y (iii) sistema silvopastoril (*U. humidicola* + *Arachis pintoii* en combinación con las especies arbustivas *Gmelina arborea*, *Erythrina poeppigiana*, *Tectona grandis*, y *Cariniana pyriformis*) en áreas hasta con 20 años de uso.

Los autores (Olaya-Montes *et al.*, 2020), encontraron que las prácticas agrícolas de encalado y labranza, realizadas bajo el manejo silvopastoril, contribuyeron a reducir la acidez activa del suelo y la acidez intercambiable con el pH del suelo aumentando de 3.8 a 4.3 y $H^{++} Al^{3+}$ disminuyendo de 5.8 a 2.3 $cmol_c kg^{-1}$. Estas alteraciones favorecieron incrementos en los contenidos de Ca^{2+} y Mg^{2+} principalmente, aumentando la saturación de bases de 17% en pastos tradicionales a 55% en sistemas silvopastoriles. Debe notarse que, por la naturaleza del estudio, se compararon sistemas silvopastoriles recientemente establecidos con fertilización y labranza, contra áreas antiguas de pasto tradicional no tratadas de la misma forma, por lo cual es imposible separar el efecto de dichas prácticas de mejoramiento, del sistema considerado. El efecto sinérgico de la mezcla de pastos y árboles bajo manejo silvopastoril aunados al encalado y labranza antes mencionados, mejoró el contenido de micronutrientes del suelo y modificó las reservas de C del suelo en una capa de 20 a 30 cm. Una tasa de acumulación de C en el suelo de 0.26 $Mg ha^{-1} año^{-1}$ para los 0-30 cm detectados en los sistemas silvopastoriles sugiere que su implementación podría ser una herramienta prometedora para el secuestro de C en las regiones tropicales, capaz de

restaurar el funcionamiento del suelo en áreas degradadas, pero falta estudiar el efecto contemporáneo de las prácticas de mejoramiento aplicadas simultáneamente a todos los sistemas considerados.

Lo anterior es importante dadas las ventajas ambientales que se proclaman y esperan de sistemas complejos con varios estratos vegetativos.

Recuperación de suelos contaminados utilizando *Urochloa humidicola*

El uso experimental de *U. humidicola* para la fitorremediación de suelos contaminados y degradados ha crecido durante las últimas décadas, y a continuación se citan solamente algunos ejemplos relevantes que ilustran variedad de situaciones.

Zavala-Cruz *et al.*, (2005) en Tabasco, México, indicaron que esta especie es muy promisoría para la fitorremediación en suelo Antrosol contaminado con petróleo, si se le fertiliza adecuadamente con P y Ca. Resultados semejantes se observaron en un estudio realizado en Nigeria (Okonofua *et al.*, 2019). Igualmente, estudios preliminares sugieren que *Uh* en combinación con cepas de bacterias capaces de degradar fenoles sería útil en la detoxificación de suelos contaminados con efluentes de la extracción del aceite de palma (Jarujareet *et al.*, 2019).

En el Sur de Etiopia el uso de *U. humidicola* en suelos altamente degradados por la agricultura ha permitido la gradual recuperación de los mismos con exclusión del pastoreo, gracias al aumento de C en el suelo y contenido de N al tiempo que suministra forraje de corte para el ganado (Damene *et al.*, 2020).

Igualmente, en oeste de Etiopia, agricultores pequeños incorporaron el uso de *U. humidicola* para la fitorremediación de suelos degradados por la minería, además de ser fuente de forraje y numerosos otros usos (Geleto y Tulu, 2020).

Producción de forraje

El rendimiento de forraje de *U. humidicola* es altamente variable, influenciado negativamente por la duración de la estación seca, y afectado por la fertilidad y balance hídrico del suelo, así como por el manejo. En lo que sigue, se citan ejemplos provenientes de diferentes regiones y países a título ilustrativo. Igualmente, se incluyen tasas de crecimiento diario que permiten una primera aproximación al cálculo de la capacidad de carga y otros fines.

Colombia

En un experimento de campo en Carimagua se estudió el efecto de aplicaciones de cal a diferentes niveles de P sobre la respuesta de varias especies de *Urochloa*.

En condiciones de 95% de saturación de Al y menos de 2 ppm P (Bray II), *U. humidicola*, fue más productiva en comparación con *U. decumbens* (Cuadro 5).

A medida que disminuyó la toxicidad de Al por aumento de niveles de cal, la producción de materia seca de *U. humidicola* no aumentó en forma significativa al comparar con la respuesta de *U. decumbens* (Salinas y Gualdrón, 1982).

Cuadro 5. Producción anual de forraje de dos especies de *Urochloa* bajo corte con diferentes niveles de cal y fósforo en Carimagua – Colombia.

Nivel de cal	<i>U. decumbens</i>				<i>U. humidicola</i>			
	Nivel de P kg ha ⁻¹				Nivel de P kg ha ⁻¹			
	0	17	117	277	0	17	117	277
t ha ⁻¹	MS t ha ⁻¹ año ⁻¹							
0	8.7	10.5	10.7	13.6	9.6	11.7	10.9	13.3
0.5	8.4	12.4	11.7	15.0	10.6	11.9	10.3	8.9
1.0	11.1	19.0	20.0	11.4	11.4	10.2	10.2	11.2
2.0	21.2	28.6	21.2	17.5	9.2	10.1	6.7	9.5
Fertilización: 100 N – 30 K – 20 Mg kg ha ⁻¹					Adaptado de Salinas y Delgadillo, 1980			

El Cuadro 6, muestra las tasas de producción de materia seca de tres especies de *Urochloa*. Se observa que *U. humidicola* presenta las mayores tasas de producción de materia seca sobre todo en la estación lluviosa, con el menor nivel de N aplicado.

Además, no existe una respuesta significativa a un incremento en el nivel de fertilización nitrogenada, en comparación con las otras dos especies de *Urochloa* hasta 50 kg de N ha⁻¹ año⁻¹. Estos resultados coinciden con los obtenidos en CIAT - Carimagua con niveles de fertilización hasta de 400 kg de N ha⁻¹ (CIAT 1978).

Cuadro 6. Tasa de producción diaria de materia seca bajo dos frecuencias de corte y dos niveles de fertilización nitrogenada.

Especie	Nivel de N	Período lluvioso		Período seco	
		días		días	
	kg ha ⁻¹	28	56	28	26
		MS kg ha ⁻¹ día ⁻¹			
<i>U. humidicola</i>	25	34	35	13	4
	50	27	36	11	4
<i>U. decumbens</i>	25	12	25	10	8
	50	24	34	14	9
<i>U. brizantha</i>	25	22	26	10	7
	50	36	36	14	10
Promedio		26	32	12	7
CIAT – Carimagua – Colombia			Adaptado de Salinas y Gualdrón, 1982.		

Es así que la producción de materia seca de las especies de *Urochloa* en general aumenta considerablemente a medida que disminuye el déficit estacional de humedad del ecosistema de sabana hacia el bosque tropical húmedo. (Cuadro 7).

Cuadro 7. Producción media anual de forraje de diferentes especies de *Urochloa* en ecosistemas del trópico americano.

Especie de <i>Urochloa</i>	Sabana		Bosque estacional			Bosque tropical húmedo		
	Térmica	Hipertérmica	Paragominas	Maraba	Belen	Itacoatiara	Río Branco	Pichilingue
	Planaltina Brasil	Carimagua Colombia	Brasil			Brasil		
	15°37'04" S	04°54'25" N	2° 59' 51" S	5° 22' 2" S	1° 27' 18" S	3° 8' 31" S	9° 58' 26" S	0° 54' 11" S
	1067 msnm	130 msnm	49 msnm	84 msnm	22 msnm	26 msnm	143 msnm	90 msnm
	MS t ha ⁻¹							
<i>U. humidicola</i>	2.9	7.0	11.4	21.6	18.2	13.0	22.8	10.1
<i>U. decumbens</i>	4.4	8.2	8.1	25.2	17.3	10.0	23.7	10.5
<i>U. brizantha</i>	4.0	8.0	-	-	-	21.0	-	-
<i>U. dictyoneura</i>	-	-	8.9	21.7	-	17.4	14.0	5.0

Adaptado de Salinas y Gualdrón, 1982.

La baja productividad de *U. humidicola* en ecosistemas de sabana parece estar relacionada con bajas tasas de crecimiento durante la estación seca (Cuadro 7), siendo mucho menor a medida que se prolonga la época de déficit de humedad en el suelo y en el

medio ambiente, tal como ocurre en el Cerrado de Brasil.

Resultados de producción de materia seca provenientes de algunas islas del Pacífico en condiciones de trópico húmedo, son similares a los obtenidos en regiones de bosque en América tropical (Roberts 1970; Reynolds, 1978).

Cuadro 8. Producción anual de forraje de seis cortes en especies de *Urochloa* sometidas a exceso de manganeso

Especie de <i>Urochloa</i>	Producción de materia seca	
	Bajo Mn	Alto Mn
	10 ppm	86 ppm
	t MS ha ⁻¹	
<i>U. humidicola</i>	4.05 a	2.80 b
<i>U. decumbens</i>	3.71 a	3.27 b
<i>U. ruziziensis</i>	3.64 a	2.35 b
<i>U. brizantha</i>	4.21 a	3.40 b

Adaptado de Salinas y Gualdrón, 1982

La toxicidad de Mn es otra limitación en ciertos suelos ácidos. El Cuadro 8 presenta resultados obtenidos con cuatro especies del género *Urochloa*.

Brasil

En el Centro Nacional de Investigaciones de Ganado de Leche de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Coronel Pacheco, MG, Brasil, en un Latosol rojo-amarillo, Alvim *et al.*, (1990), compararon la producción de MS de varias accesiones de *Urochloa* (*U. decumbens* BRA-000116, *U. decumbens* BRA-000141, *U. brizantha* BRA-000337 y *U. humidicola* BRA-000213), fueron fertilizadas con tres niveles de nitrógeno (N0 -N75 – 150 kg N ha⁻¹ año⁻¹).

Después de dos años de evaluación, se encontró que sin la aplicación de N las accesiones de *U. decumbens* fueron las más productivas. Por otro lado, *U. brizantha* fue la especie que mejor respondió a la aplicación de N, especialmente a la aplicación de 150 kg ha⁻¹ de N. *Urochloa ruziziensis* y *U. humidicola* respondieron menos a la aplicación de N.

Durante la época lluviosa la producción de MS de todas las accesiones de *Urochloa* aumentó significativamente, a medida que aumentaron las dosis de N aplicadas. En el período de sequía la respuesta a la aplicación de N fue también significativa, siendo *U. ruziziensis* la única que no presentó respuesta.

Quinquim Magiero *et al.*, (2006), en un Planosol de la región Baixada Fluminense del campo experimental de la Universidad Federal Rural de Río de Janeiro, en Seropédica, RJ, evaluaron el efecto de la aplicación de N y K en la producción de MS y materia residual de pasturas de *U. humidicola*.

Se estudiaron los efectos de cuatro niveles de N y K. Los niveles de N (urea) fueron: 100, 200 y 400 kg ha⁻¹ y los de K fueron 55.6, 111 e 222.2 kg ha⁻¹ de K, como KCl; más un testigo sin N ni K.

Las dosis de fertilizantes se aplicaron en forma fraccionada, en tres o seis aplicaciones, a intervalos de 28 y 56 días en la época lluviosa, después de un corte inicial.

Los cortes se hicieron cada 28 días, entre octubre 2003 y marzo 2004, y se observó que la producción de MS aumentó con el nivel de fertilización, pero las producciones con aplicaciones a intervalos de 28 días (seis cortes) no difirieron significativamente ($P > 0.05$) de aquellas obtenidas con tres cortes a intervalos de 56 días.

La producción de masa residual también respondió a los niveles de fertilización, pero sus tendencias entre cortes fueron diferentes a las de la producción de MS de la parte aérea.

Se puede concluir que el uso de la fertilización nitrogenada y potásica aumenta la producción de forraje de *U. humidicola*, pero que en el caso del Planosol estudiado, la aplicación de pequeñas dosis fraccionadas no mejora la eficiencia de la fertilización.

En la Estación Experimental de la Empresa de Investigación Agropecuaria – EPAMIG, localizada en el municipio de Cambuquira, al sur del Estado de Minas Gerais- Brasil, Botrel *et al.*, en 1999, evaluaron la producción y valor nutritivo de varias gramíneas recién introducidas en aquel momento, tales como: *Urochloa decumbens*, *U. ruziziensis*, *U. brizantha* cv. Marandu, *U. humidicola*, *Andropogon gayanus* cv. Planaltina y *Melinis minutiflora*.

Cuadro 9. Producción y distribución de forraje de gramíneas evaluadas en el sur de Minas Gerais – Brasil

Gramínea	Producción de forraje		
	MS kg ha ⁻¹		
	Seca	Aguas	Porcentaje producido en el período seco
<i>U. brizantha</i>	3.288a	13.091a	20
<i>A. gayanus</i>	3.118a	8.747c	26
<i>U. decumbens</i>	2.618a	11.425b	19
<i>U. ruziziensis</i>	443b	6.067d	7
<i>U. humidicola</i>	428b	8.947c	4
<i>M. minutiflora</i>	400b	4.643cd	8

En el Cuadro 9, se destaca la baja producción de *U. ruziziensis* y *U. humidicola*, cuando comparadas con el resto del material evaluado, el bajo contenido de proteína bruta de *U. humidicola*, especialmente en el periodo seco y su excelente cobertura (Cuadro 10), al igual que *U. decumbens*.

Cuadro 10. Valor nutritivo y cobertura del suelo de gramíneas evaluadas en el sur de Minas Gerais – Brasil

Gramíneas	Proteína bruta, %		Cobertura %
	Seca*	Aguas**	
<i>A. gayanus</i>	7.6a	11.8a	64
<i>U. brizantha</i>	6.5ab	12.3a	84
<i>U. decumbens</i>	5.8bc	10.4ab	97
<i>U. ruziziensis</i>	5.7bc	12.6a	74
<i>M. minutiflora</i>	5.7bc	8.8b	81
<i>U. humidicola</i>	4.8c	8.6b	99

*70 días de rebrote; **40 días de rebrote

Asia

A pesar de que, en el continente asiático, se han realizado varias pruebas agronómicas con especies del género *Urochloa*, las publicaciones en revistas técnicas, son muy escasas.

Los siguientes cuadros 11 y 12, destacan la producción anual de varias especies del género. Puede apreciarse en valor apreciable de forraje de *U. humidicola*.

Cuadro 11. Producción media de forraje de tres años, en el trópico húmedo de Malasia

Gramíneas	Producción anual de forraje*
	MS t ha ⁻¹
<i>U. dictyoneura cv. Llanero</i>	17.6
<i>U. humidicola</i>	14.9
<i>U. brizantha</i>	10.6
<i>M. maximus</i>	10.0
<i>U. decumbens</i>	9.9
<i>Setaria splendida</i>	8.0
<i>U. mutica</i>	5.7

*Adaptado de Aminah and Wong, 1991.

Cuadro 12. Producción de forraje de especies de *Urochloa* en Tailandia

Especies de <i>Urochloa</i>	MS t ha ⁻¹		
	Ciclo de mayor precipitación	Ciclo de menor precipitación	Producción* anual
<i>U. decumbens</i>	13.8	3.1	16.9
<i>U. mutica</i>	12.4	2.2	14.6
<i>U. subquadriflora</i>	12.9	1.1	14.0
<i>U. ruziziensis</i>	12.5	1.4	13.9
<i>U. humidicola</i>	11.4	2.1	13.5

*Producción media de 4 años.

Adaptado de Thinnakom, S. and Kreethapon, I. 1993.

Rendimiento y manejo de la defoliación

Existen diferentes estimaciones del rendimiento de forraje de *U. humidicola*, variable entre regiones, suelos y fertilización, y un número limitado sobre el efecto de alturas y frecuencias de corte.

En La Libertad (piedemonte del Dpto. del Meta, Colombia), Rincón *et al.*, (2011) usaron praderas de cinco años de edad mantenidas con aplicación de 250 kg de roca fosfórica cada 2 años y bajo pastoreo, para verificar el efecto de alturas de corte (0, 5, 10, 20 cm) en cuatro cultivares de *Urochloa*, incluyendo *U. humidicola* CIAT 679, *U. humidicola* (syn *B. dictyoneura*) cv. Llanero, *U. decumbens* y *U. brizantha* cv. Toledo durante 2 años consecutivos y en época lluviosa y seca y concluyeron que alturas entre 10 y 20 cm eran óptimas para todas excepto para el cv. Toledo (30 cm).

Pérez Boma and Lascano (1992), reportaron rendimientos anuales de 7000 - 9000 kg MS ha⁻¹ para el piedemonte del Dpto. del Meta, Colombia, 8300 kg MS ha⁻¹ en la Altillanura del Meta, y para el Dpto. del Casanare, 3900 kg en suelos arenosos y 6700 kg en suelos de textura intermedia.

En Isla Veracruz, México (18° 06' N, 95° 32' O) se condujeron por lo menos dos experimentos de evaluación de *U. humidicola* (Cruz López and *et al.*, 2011) compararon 23 accesiones de *U. humidicola*, incluyendo cv. Chetumal (CIAT 679). Hubo un amplio rango de rendimientos anuales, 11-17 t ha⁻¹año, y el cv. Chetumal mostró la mayor producción de materia seca.

La mayor tasa de crecimiento fue de 189 kg ha⁻¹d⁻¹ en Junio (fin de estación lluviosa) y la menor fue de 4 kg ha⁻¹d⁻¹ en mayo durante la estación seca.

Martínez Méndez and *et al.*, (2008) estudiaron el efecto en *U. humidicola* (syn *B. dictyoneura*) CIAT 6133 de 3 alturas de corte (9, 12, 15 cm) y 3 intervalos de corte (3, 4, 5 semanas en lluvias; 5, 6, 7 semanas en sequía y época de nortes).

Los intervalos no afectaron el rendimiento, el cual fue máximo con altura de 15 cm, lo cual es igual a los resultados de Rincón (2011) antes citados.

Pereira *et al.*, (2009) en Bahía, Brasil (ecosistema de Mata Atlántica, sin estación seca marcada) estimaron cuidadosamente la tasa neta de producción primaria en *U. humidicola* sometida a cargas de 2, 3 y 4 animales ha⁻¹, con resultados de 34.0, 33.0 y 29.7 kg MS ha⁻¹d⁻¹.

Composición química y valor nutritivo de *Urochloa humidicola*

Es conocida por ser una especie de bajo (Lascano and Euclides, 1996) a moderado valor nutricional, variable según el tipo de suelos y estrategia de fertilización. En Campo Grande, Brasil, (Herrero and *et al.*, 2001) compararon en el Cerrado, *U. brizantha*, *U. decumbens*, *U. humidicola* y *U. ruzisiensis* en suelos con historia de uso de fertilizantes en mayores cantidades a las usadas en la Altillanura de Colombia. Aun así, mostró bajo contenido de PC y alta resistencia al corte de las hojas basado en promedios de 4 y 6 semanas de rebrote. Estos y otros datos comparables, se muestran en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Composición química y valor nutricional de los principales y relevantes trabajos citados en la literatura en el trópico americano

FDA= fibra en detergente ácido; PC= proteína cruda; DIVMS= digestibilidad in vitro de materia seca

Referencia	Variables	<i>U. brizantha</i>	<i>U. decumbens</i>	<i>U. humidicola</i>	<i>U. humidicola</i> CIAT 6133	<i>U. ruzisiensis</i>
Herrero <i>et al.</i> 2011. Brasil	FDA, %	35.8	29.0	37.0		27.7
	PC, %	12.2	12.9	10.2		14.6
	DIVMS, %	55	63	55		66
	Resistencia al corte, kg/g	3.13	5.41	9.83		3.80
Pérez y Cuesta. 1992. Colombia, citado por Chacón, 2005	PC, %	10.0	8.6	7.1		
	DIVMS, %	61.8	61.5	56.9		
Pereira <i>et al.</i> , 2009. Bahía Brasil, bajo pastoreo con 2, 3, 4 animales/ha	PC, % Agosto			7.44- 6.00 – 5.68		
	PC, %, No- viembre			12.3 – 10.0 – 9.8		
	DIVMS, % Agosto			45-44-43		
	DIVMS, % Noviembre			45-45-44		
Flórez, 2010. La Libertad, piedemonte del Meta, Colombia. Pastoreo, lluvias	FDA, %			33.9	34.7	
	PC, %			7.4	5.9	
	DIVMS, %			60.1	56.9	
Flórez, 2010. La Libertad, piedemonte del Meta, Colombia, pastoreo, sequia	FDA, %			35.1	40.2	
	PC, %			7.4	5.9	
	DIVMS, %			48.7	52.8	
Cajas <i>et al.</i> , 1985, Carimagua, Meta, Colombia, pastura de 2 años, mezcla Uh, Mm, Do. Dominada por Uh. Novillas peso inicial 170 kg.	PC %, carga 1.45/ha			6-7		
	PC%, carga 1.94/ha			7-9		
	PC%, carga 2.72, rangos para toda la estación lluviosa			9-11		

Los contenidos de proteína cruda de las gramíneas tropicales están relacionados con la nutrición de N. Los contenidos de proteína bruta de las especies de *Urochloa* estudiados en los Llanos Orientales de Colombia, en general son bajos y disminuyen rápidamente a medida que aumenta la edad del rebrote, particularmente durante la estación de mínima precipitación (Cuadro 14).

Cuadro 14. Efectos de la fertilización nitrogenada y frecuencia de corte en el contenido de proteína cruda en tres especies de *Urochloa*

Especies de <i>Urochloa</i>	Niveles de N kg ha ⁻¹	Período de máxima precipitación			Período de mínima precipitación		
		Frecuencia de corte, días			Frecuencia de corte, días		
		28	56	84	28	56	84
		PC %					
<i>U. humidicola</i>	25	9.1	6.2	5.7	7.2	5.9	4.2
	50	11.0	7.0	6.3	7.7	6.1	3.9
<i>U. decumbens</i>	25	12.8	8.2	6.9	9.4	6.1	5.0
	50	11.6	7.3	6.6	9.3	6.5	5.5
<i>U. brizantha</i>	25	11.5	6.2	6.0	10.0	6.5	4.2
	50	10.0	7.2	6.1	10.7	6.1	5.2

Fertilización básica: 20 P – 40 - 20 Mg – 20 S kg ha⁻¹ Adaptado de Salinas y Gualdrón, 1982

Borges Deminicis *et al.*, (2010), estudiaron el efecto de la aplicación de dosis de nitrógeno y potasio, en cuatro edades de rebrote, sobre el índice de área foliar (IAF), producción de materia seca (MS), proteína bruta (PB) y fibra detergente neutra (FDN) y la relación hoja/tallo (H/T) de *U. humidicola*.

Las dosis de nitrógeno y potasio fueron: 0, 100, 200 y 400 kg ha⁻¹ año⁻¹ y el potasio se aplicó una dosis de 100, 200 y 400 kg ha⁻¹ año⁻¹ (Cuadro 15). Fueron aplicadas en seis fracciones, para mejorar la eficiencia de la fertilización.

Los resultados mostraron un efecto significativo para las edades de rebrote y fertilización en la producción de MS. No hubo efecto ($P > 0.05$) sobre el contenido de FDN en respuesta a los tratamientos estudiados.

Las variables relación H/T, PB e IAF fueron únicamente vinculados ($P < 0.05$) con las edades de rebrote.

Cuadro 15. Relación hoja:tallo y valor nutritivo de *Urochloa humidicola*, en función de diferentes dosis de nitrógeno, potasio e intervalos de corte

Parámetro	Niveles kg ha ⁻¹		Edad del rebrote, días			
	N	K ₂ O	14	28	42	56
Relación Hoja:Tallo	0	100	0.37 Ab*	0.73 Aab	1.09 Aa	0.48 Ab
	100	100	0.70 Aa	0.97 Aa	0.62 Aa	0.44 Aa
	200	200	0.47 Aa	0.62 Aa	0.63 Aa	0.35 Aa
	400	400	0.49 Aab	1.07 Aa	0.60 Aab	0.30 Ab
FDN	0	100	76.52 Aa	74.67 Aa	69.14 Aa	68.80 Aa
	100	100	69.66 Aa	74.82 Aa	74.65 Aa	70.75 Aa
	200	200	76.32 Aa	67.05 Aa	73.57 Aa	66.21 Aa
	400	400	78.06 Aa	76.92 Aa	69.66 Aa	70.28 Aa
PB	0	100	6.38 Aa	6.62 Aa	6.57 Aa	5.93 Aa
	100	100	6.39 Aa	6.61 Aa	6.51 Aa	5.04 Aa
	200	200	6.60 Aa	6.79 Aa	5.66 Aa	5.22 Aa
	400	400	6.18 Ab	8.37 Aa	6.71 Aab	5.41 Ab
IAF	0	100	0.87 Ad	1.84 Ac	2.82 Ab	3.06 Aa
	100	100	0.87 Ad	1.83 Ac	2.87 Ab	3.08 Aa
	200	200	0.89 Ad	1.88 Ac	2.92 Ab	3.36 Aa
	400	400	1.01 Ad	1.89 Ac	2.95 Ab	3.39 Aa

*Medias seguidas de la misma letra mayúscula en la columna y minúscula en la fila, para la misma variable estudiada, no difieren entre sí mismo por la prueba de Tukey al 5%.

Producción animal: Ganancias de peso y variables relacionadas en *Urochloa humidicola*

El desempeño animal sobre pasturas de *U. humidicola* ha sido evaluado en muchos países subtropicales y tropicales del continente americano, así como en otros continentes.

El Cuadro 16 (a,b,c), resume el rango de ganancias de peso reportadas en la literatura, con una variedad de cargas animales, sistemas de pastoreo, y periodos de evaluación. Las ganancias de peso han sido medidas principalmente en animales jóvenes, y existe gran variabilidad entre sitios y niveles de fertilización. Las menores ganancias son en la Altillanura colombiana. En ambientes favorecidos por clima y fertilización, como el piedemonte llanero, Bahía-Brasil y Florida-USA, se han obtenido ganancias relativamente altas en comparación con otras gramíneas tropicales.

Cuadro 16 a. Resumen de los principales resultados reportados en ganancia de peso en el trópico americano sobre *Urochloa humidicola* en ambientes menos favorecidos

Referencia	Disponibilidad de forraje kg MS ha ⁻¹	Utilización del pasto %	Carga animal ha	Gan. diaria en lluvias kg/animal	Gan. diaria en sequía kg/animal	Gan. diaria ponderada anual kg/animal	PC ofrecida
Cajas <i>et al.</i> , 1985. Carimagua, Meta, Colombia. Pastura 2 años de edad. Novillas peso inicial 170 kg, < 1 año edad			1.45	0.407	0.195	0.311 ± 0.042	
			1.94	0.366	0.100	0.220 ± 0.038	
			2.72	0.178	-0.001	0.017 ± 0.037	
TPP-CIAT, informe anual 1983. Novillos aprox 200 kg, > 1 año edad			2.4	0.194			
			3.4	0.215			
			4.4	0.138			
Chacón, 2005. Táchira, Venezuela. Fertilización 150 kg/ha de 15-15-15. Novillas mestizas doble propósito 185 kg peso inicial. Suelo Oxisol	2300-6000 variable entre meses	20-29	3.2	0.336 (rango entre meses 0.080 a 0.653)			5-6
Chacón, 2005, asociación Uh+Do., 12-38% Do	3200-4900	33-47	3.0	0.385 (-140 a 773)			4-8
Tergas, Paladines y Kleinheisterkamp, 1982 #, Carimagua. Fertilización 50 kg P ₂ O ₅ , 50 K ₂ O, 18 MgO, 25 kg S. Dos años. Carga sequía/lluvias.			1.6/2.1	0.334	0.039	0.247	
			2.2/3.0	0.249	-0.087	0.148	
			2.9/3.9	0.217	0.088	0.178	

Los autores reportan también un experimento donde se compararon ganancias de peso en *U. decumbens* y *A. gayanus*, los cuales superaron con creces a *U. humidicola*.

... Cuadro 16 (b). Resumen de los principales resultados reportados en ganancia de peso en el trópico americano sobre *Urochloa humidicola* en ambientes más favorecidos

Referencia	Disponibilidad de forraje, kg MS/ha	Utilización del pasto %	Carga, anim/ha	Gan. diaria en lluvias, kg/anim	PC ofrecida	DIVMS ofrecida
Ezenwa <i>et al.</i> , 2006, Florida, USA, terneros lactantes al pie de la vaca Brahman x razas británicas 480-555 kg. 4 años consecutivos, inicialmente 37+6+31 kg/ha N, P, K, 50 kg N in	1000-4000		2.5 vacas+ terneros/ha	0.660	8.7 (7.5-10.5)	54.5 (54-57)
Pereira <i>et al.</i> , 2009. Itabela, Bahía, Brasil, promedio 6 años. No hay estación seca en la región. Pasturas Uh ± Do Paréntesis corresponde a Uh+Do	4600-2600 Enero a diciembre	19	1.42 (1.42)	0.434 (0.435)		45
	5200-1900	27	2.03 (2.10)	0.365 (0.398)		44-45
	4100-1100	39	2.54 (2.63)	0.308 (0.311)		43-44

Otros resultados en ambientes favorecidos del punto de vista climático, incluyen mediciones en 2 años consecutivos, pero periodos de sólo 123-128 días en Napo, Amazonia de Ecuador, por Muñoz y Costales (1985). La ganancia diaria de peso con 3 animales de 250-300 kg por ha⁻¹ obtenidos con *U. humidicola* puro o asociado con *D. ovalifolium* oscilaron entre 0.500 y 0.722 kg en ambos tipos de pasturas.

... Cuadro 16 (c). Resumen de los principales resultados reportados en ganancia de peso en el trópico americano sobre *Urochloa humidicola*. Piedemonte llanero, Meta, Colombia, un ambiente favorecido comparado con la Altillanura

Referencia	Disponibilidad de forraje, kg MS/ha	Carga, animal/ha	Gan. diaria en lluvias, kg/animal	Gan. diaria en sequía, kg/animal
Rincón <i>et al.</i> , 2018. La Libertad, Piedemonte Meta, Colombia. Uh CIAT 6133, 15 años edad, fertilizado c/2 años 46-20-25 kg N, P, K. Oxisol franco-arcilloso. Pastoreo 7/21d. Toretas Brahman Peso inicial 350 kg, Peso final 520 kg	Tratamiento testigo	Carga inicio lluvias a fin de lluvias 2.0 ->3.0	0.650-0.700 Fin de lluvias 0.445	Inicio a fin sequía 0.580-0.178
	18-20-18-20, 18-31 kg N, P, Ca, Mg, K, S	3.0 -> 4.2	0.820-0.840 Fin de lluvias 0.679	0.789-0.495
	111-20-18-20, 18-31 kg N, P, Ca, Mg, K, S	3.8 ->5.3	0.850-0.870 Fin de lluvias 0.916	0.913-0.528

Los datos reportados por Rincón *et al.*, (2018) son semejantes a los informados por Pérez Bonna (1985) en la misma localidad con cargas de 2, 3 y 4 animales por ha en pastoreo alterno 35/35 d en una asociación *U. humidicola* + kudzú, donde la leguminosa se perdió rápidamente. Las ganancias diarias en sequía (115 días) oscilaron entre 0.426 y 0.512 kg, y 0.500 - 0.560 en periodo lluvioso (112 días)

En contraste con los datos antes citados, e inspirados por observaciones realizadas ocasionalmente en fincas de la Altillanura de Colombia, (Ramírez-Restrepo and Vera, 2019) evaluaron las ganancias de peso de vacas de descarte y novillos adultos, durante 180 días de la estación lluviosa de 3 años consecutivos en una pastura de *U. humidicola* de 7 años de edad, con carga de 1.5 UA/ha localizada en Carimagua, Meta, Colombia. En promedio, las ganancias de peso fueron de 0.422 y 0.544 kg d⁻¹ para vacas y novillos.

En el caso colombiano, Pardo Barbosa y Pérez López (2010) citan en forma muy resumida numerosos estudios realizados en Piedemonte y Altillanura comparando varias gramíneas incluyendo *U. humidicola* CIAT 679 y CIAT 6133, pero sin dar detalles de los experimentos ni su duración, por lo cual es difícil extraer conclusiones definitivas. Sin embargo (Rincón, 2005; Rincón, 2007; Rincón, 2014; Rincón Castillo, 2005; Rincón *et al.*, 2008; Rincón *et al.*, 2018) han publicado numerosa información comparativa sobre el uso de *U. humidicola* entre varias otras especies forrajeras, parte de los cuales son citadas en el Cuadro precedente.

Otros resultados sobre ganancias de peso en *U. humidicola* están basados en mediciones de corta duración e incluyen a Mucio Álvarez (2008) en la región seca de Guanacaste, Costa Rica, y Laiton-Medina and *et al.*, (2021) en Arauca, Colombia. Este último informa

sobre los resultados de un sistema de pastoreo muy intensivo, en franjas 1/21 días con altas ganancias de peso individuales, pero basado solamente en 80 días de observación.

Se infiere de los resultados aquí citados, que en condiciones de baja fertilidad *U. humidicola* presenta serias restricciones para el crecimiento de animales jóvenes, en tanto que en regiones más favorecidas por suelos de mayor fertilidad y sin mayores limitaciones de estaciones secas prolongadas, las ganancias de peso tienden a duplicar a las antes citadas.

En el caso de animales adultos, tales como vacas de descarte, las limitantes son mucho menores si el uso de *U. humidicola* se limita a la época lluviosa.

En general, los resultados citados muestran que en muchas condiciones es posible lograr altas ganancias de peso por hectárea, pero moderadas ganancias individuales, por lo cual debe balancearse las ganancias individuales con la necesidad de llegar a tiempo a los mercados de carne en el caso de animales de ceba.

Por último, debe anotarse que existen pocos datos de largo plazo sobre la asociación de *U. humidicola* con leguminosas, siendo la mezcla con *D. ovalifolium* la que está mejor representada en la información disponible (por ej., Chacón, 2005; Pereira *et al.*, 2009).

En una pastura de *Urochloa humidicola* cv. Llanero no degradado, manejada con una fertilización de mantenimiento bianual durante 15 años, ubicada en un Oxisol ácido y de baja fertilidad en el Piedemonte llanero de Colombia, Rincón *et al.*, (2018), evaluaron 3 tratamientos de fertilización: T1= sin fertilización (testigo);

T2= fertilización básica (kg ha⁻¹: P 20, Ca 18, Mg 20, K 18, S 31 y N 18); y

T3= fertilización básica + urea (kg ha⁻¹: P 20, Ca 18, Mg 20, K 18, S 31 y N 110).

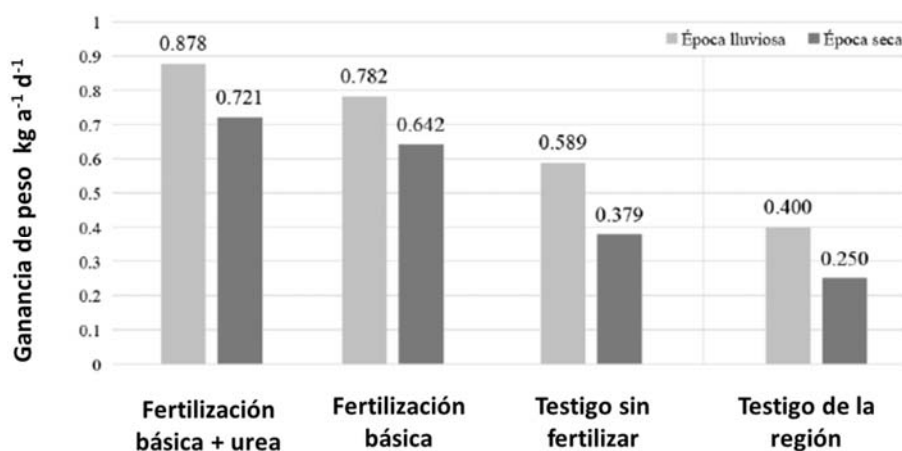
Cada tratamiento estuvo compuesto por 4 potreros de 0.8 ha cada uno, donde pastaron en forma secuencial grupos de toretes Cebú Brahman, con un período de ocupación de 7 días y un período de descanso de 21 días.

Tanto en época lluviosa como seca la producción de forraje durante cada descanso fue más alta en T3 (1,540 y 940 kg MS ha⁻¹, respectivamente) que en T2 (979 y 665 kg MS ha⁻¹) y T1 (958 y 613 kg MS ha⁻¹).

La fertilización básica+ urea también aumentó la concentración de PC en el forraje en época lluviosa (9.9%, en comparación con 8.4 y 8.1% en T2 y T1, respectivamente).

En 250 días de pastoreo del experimento, incluyendo 173 días de época lluviosa y 77 días de época seca, la producción de peso vivo por hectárea fue de 317, 599 y 870 kg ha⁻¹ para T1, T2 y T3, respectivamente, con cargas animal de 2.2, 3.0 y 3.8 unidades animal ha⁻¹ (1 UA = 400 kg peso vivo) en la época lluviosa, y 1.6, 2.1 y 3.2 UA ha⁻¹ en la época seca, respectivamente. Las ganancias de peso vivo por animal y día fueron, en el mismo orden, 589, 782 y 878 g a d⁻¹ en la época lluviosa y 379, 642 y 721 g a d⁻¹ en la época seca (Figura 3).

Figura 3. Ganancia diaria de peso/animal en época lluviosa y seca en *U. humidicola* cv. Llanero con 3 tratamientos de fertilización



C.I. La Libertad, Villavicencio, Colombia. (Testigo de la región = ganancia de peso en ganaderías tradicionales en la región, caracterizadas por falta de fertilización)

En términos económicos, T3 (fertilización básica + urea) representó un ingreso neto adicional de US\$ 658 ha⁻¹ respecto al testigo y de US\$ 349 respecto a T2. Mientras que el estudio presenta evidencia del potencial de la fertilización, sobre todo nitrogenada, de pasturas de *U. humidicola* cv. Llanero para la intensificación de la producción ganadera en la región, se requieren experimentos a largo plazo para confirmar la sostenibilidad de estos sistemas (Rincón *et al.*, 2018).

Bahiagrass (*Paspalum notatum*), es el pasto predominante en Florida-EEUU, porque está bien adaptado a bajos insumos y al manejo típico de los ganaderos que practican los productores de carne del estado de Florida. *Urochloa humidicola*, comparte muchas de las características positivas de *Paspalum notatum*, pero no hay ensayos comparativos de pastoreo. El objetivo del trabajo realizado por Ezenwa *et al.*, (2006), fue estimar ganancia de peso por un ciclo de cuatro años.

El peso medio del becerro al destete fue de 250 kg en *U. humidicola* y 235 kg en *P. notatum*. La ganancia diaria promedio de los becerros fue de 0.66 kg d⁻¹ para *U. humidicola* y 0.48 kg d⁻¹ para *P. notatum*. A su vez, no hubo diferencia significativa entre ambas gramíneas, en la producción de forraje (8380 y 9580 kg de MS ha⁻¹) en el forraje acumulado entre los meses de mayo a octubre (Ezenwa *et al.*, 2006).

La limitante de *U. humidicola* en el estado de Florida, es su baja tolerancia al frío, pues reduce drásticamente su crecimiento. Cuando la temperatura bajó a -5°C, la cobertura, se redujo en un 50% y la recuperación de la pradera para un nuevo pastoreo, llevó cuatro años en reestablecerse. La gramínea no muere, llega a recuperarse, con mayor porcentaje de invasión de malezas (Ezenwa *et al.*, 2006).

El objetivo de un estudio realizado por Laiton Medina (2019), fue evaluar tres métodos de pastoreo rotacional, con especies de gramíneas del género *Urochloa*, *U. humidicola*, *U. brizantha* cv. Marandu y *U. decumbens*, en época de lluvia, en las sabanas del

pedemonte, del municipio de Tame – Arauca, Colombia.

Fueron utilizados 75 bovinos machos enteros, de raza cebú comercial, distribuidos en un diseño experimental completamente al azar en los tres métodos de pastoreo, con 25 unidades experimentales cada uno, los pastos no recibieron fertilización ni riego.

El pastoreo en *U. decumbens* (Cuadro 17), presentó una ganancia diaria de peso de 784 g/día, *U. brizantha* cv. Marandu 660 g d⁻¹ y *U. humidicola* 643 g d⁻¹, sin diferencias estadísticas significativas entre las gramíneas ($p>0.05$).

Cuadro 17. Ganancia de peso bajo pastoreo

Especie de <i>Urochloa</i>	Ganancia de peso*
	kg d ⁻¹
<i>U. decumbens</i>	0.784 a
<i>U. brizantha</i> cv. Marandu	0.660 a
<i>U. humidicola</i>	0.643 a

*Promedios con letras iguales, son estadísticamente similares

Las variables del componente producción y calidad de forraje que presentaron alta correlación con ganancia de peso diaria fueron: disponibilidad de forraje $r=0,78$, porcentaje de proteína $r=0,71$, fibra detergente neutra $r=0,88$ y los minerales Ca, P y Mg, $r=0,71$, $r=0,95$ y $r=0,88$ respectivamente.

Ninguna variable en suelo presentó asociación con la ganancia diaria de peso, actividad ureasa $r=0,01$.

En la Isla de Marajó (0° 40' Sur y 48° 33' Oeste), Pará –Brasil, durante un año, Teixeira Neto *et al.*, (1999), realizaron un estudio para determinar la disponibilidad de forraje y los contenidos de proteína cruda (PC) y minerales (P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn) en pasturas de *U. humidicola* con 8 años de establecidas.

La carga animal fue de 2 novillos Nelore por hectárea y los tratamientos fueron: (T1) *U. humidicola*; (T2) *U. humidicola* + urea (60% en la mezcla mineral); y (T3) *U. humidicola* + *Pueraria phaseoloides*, en el 33% del área.

Se utilizó un diseño completamente al azar con dos repeticiones de la pastura, y nueve animales por repetición.

La adición de urea en el suplemento mineral, dio los mejores resultados, manteniéndose la ganancia de peso vivo de los animales durante todo el periodo seco. La leguminosa, no persistió, perjudicando la producción de los animales.

Los niveles de PC, aunque mayores a los requeridos para la ganancia de peso vivo, no fueron suficientes para alcanzar producciones elevadas (Cuadro 18).

Cuadro 18. Ganancia de peso de novillos Nelore, pastoreando *U. humidicola* en Salvaterra, Pará, Brasil

Ganancia de peso	Tratamientos		
	T1	T2	T3
	g animal d ⁻¹		
Ciclo anual	283 ab	331 a	265 b
Período seco	0.79 c	300 a	159 b
Periodo lluvioso	449 a	337 b	334 b
kg carne ha ⁻¹ año ⁻¹	202 ab	242 a	194 b

Medias en la misma línea seguidas por letras iguales, no difieren estadísticamente (Tukey 5%).

Consumo voluntario a pastoreo

Existen pocas estimaciones de consumo a pastoreo, y el Cuadro 19, sintetiza algunos de los escasos resultados disponibles sobre consumo voluntario de *U. humidicola* en condiciones de pastoreo.

Cuadro 19. Información sobre consumo voluntario en ciclo de máxima y mínima precipitación

MOS= materia orgánica del suelo:

Referencia	Carga, anim ha ⁻¹	Disponibilidad forraje, kg MS ha ⁻¹	Hoja seleccionada %	PC ofrecida %	PC seleccionada %	PC fecal %	DIVMS ofrecida %	DIVMS consumida %	Consumo medio de MS, g/kg ^{0.75}	Consumo en lluvias, g/kg ^{0.75}	Consumo en sequía, g/kg ^{0.75}
Morales <i>et al.</i> , 1984. Ultisol, mediana MOS Quilichao, Cauca, Colombia. Pastura de 20 meses, fertilizada con P, Ca, K; 7/42 Pastoreo rotativo. Novillo 350 kg	5.7	1311	95.3	5.7	6.2	7.5	48.8	51.2	44.3	52.8	35.9
	2.9	1787	95.4	4.6	6.4	6.6	50.7	53.3	59.8	66.3	54.9
	1.9	2583	95.6	4.3	5.8	7.3	49.3	51.8	50.4	57.5	41.5
Pereira <i>et al.</i> , 2009, Itabela, Bahia, Brasil, pastura de 6 años, fertilizada, estable, medición 1995, novillos 200-250 kg. Utilización 19-39% según carga*	2	4600-4700						45	7.44 kg/anim.dia, aprox 128g /kg ^{0.75}		
	3	5000-5200						45.2	6.0 kg/anim.dia, aprox 103g /kg ^{0.75}		
	4	3600-4130						44.2	5.68, aprox 96g /kg ^{0.75}		

*Pereira *et al.*, 2009: Ecuaciones de regresión del Consumo sobre la ganancia diaria de peso: en pastura *Uh* pura Consumo MS kg/animal d⁻¹= 5.63 + 6.33 GanDiaria (g), r²= 0.46; en pastura *Uh/Do*: 5.83 + 6.54 GanDiaria, r²= 0.62

Reproducción de ganado de carne

A pesar de que *U. humidicola* es ampliamente utilizada en hatos de cría, es poca la información disponible, en particular, la de largo plazo y sobre periodos reproductivos repetidos, seguramente debido al alto costo de este tipo de experimentos.

S'Thiago *et al.*, (2000) examinaron el efecto de la suplementación mineral sobre la reproducción de vacas cruza Nelore a pastoreo en *U. humidicola* en el CPNGC, Campo Grande, Brasil durante dos periodos consecutivos, 1988-1992 y 1992-1994.

La diferencia entre ambos periodos fue que en el segundo periodo, se disminuyó la carga en sequia de 1 para 0.5 vacas ha⁻¹ junto con una disminución de la lactancia de 120 para 90 días. Los tratamientos incluyeron sal mineral completa sin P versus con P, los cuales no indujeron diferencias significativas.

En la fase 1 con 1 vaca ha⁻¹ el peso promedio de vacas varió entre 363 y 371 kg, la natalidad fue de 66-67% y las vacas destetaron 86-91 kg ternero por madre.

En el segundo periodo, con 0.5 vacas ha⁻¹ y destete a los 90 días, los pesos de vacas fueron de 407-417 kg, la natalidad aumentó a 74-80% y se produjeron 55-67 kg terneros por vaca. A pesar de la ausencia de un efecto de la suplementación con P, hubo evidencias de movilización de minerales óseos en ausencia de dicho mineral. Llama la atención, la capacidad de *U. humidicola* de mantener pesos de vacas relativamente elevados, así como la alta natalidad en el segundo periodo donde se confunden los efectos de la disminución de la carga animal y del periodo de amamantamiento.

Ezenwa *et al.*, (2006) compararon la eficiencia reproductiva de vacas preñadas cruza de Brahman x razas británicas que pastorearon desde 90 días antes del parto hasta 90 días posteriores al mismo en *U. humidicola* versus *Paspalum notatum* en Ona, Florida, USA (27° 26' N, 81° 55' O) durante 4 años consecutivos, pero con cambio de vacas cada año, por lo cual los resultados son solamente indicativos.

Las pasturas, estaban fertilizadas inicialmente con 37-6-31 kg ha⁻¹ N-P-K, y posteriormente en cada año recibieron 56 kg ha⁻¹ N. En tres de los 4 años, al término del periodo de pastoreo, las vacas en *U. humidicola* lograron pesos significativamente más altos que en *Paspalum notatum*, mayor condición corporal y se lograron ganancias de peso de terneros lactantes algo mayores, pero sin diferencia estadística.

Paspalum notatum, logró mantener mayores niveles de PC durante todo el periodo experimental que *U. humidicola*. La situación se invirtió con relación a la DIVMS de muestras obtenidas simulando el pastoreo y fue sustancialmente mayor que en *Paspalum notatum* (53.5 - 57%, versus 46 - 48%, respectivamente).

Urochloa humidicola, mantuvo una cobertura mayor del suelo y una tasa de crecimiento de forraje sustancialmente mayor también, la cual dificultó el manejo del pastoreo. Los autores concluyeron que la mayor ventaja de *U. humidicola* radicó en su mayor DIVMS durante todo el periodo de crecimiento y sugieren que el uso de *U. humidicola* es adecuado para vacas de cría en sistemas a pastoreo.

Vera *et al.*, (1993), Vera *et al.*, (2002) y nuevamente Vera-Infanzón and Ramírez-

Restrepo (2020), reportaron resultados del levante y posterior comportamiento reproductivo de novillas/vacas a pastoreo en *U. humidicola* durante 8 años consecutivos en Carimagua, Meta, Colombia, sobre suelos Oxisol de baja fertilidad química y con muy bajos insumos de fertilización. Tal como se reportó en experimentos con novillos jóvenes (ver arriba) en Carimagua, las tasas de crecimiento de las novillas de levante siempre fueron inferiores a 0.3 kg d^{-1} aún en época lluviosa, y los pesos de las vacas en 4 pariciones consecutivas oscilaron entre 341 y 358 kg al destete (270 días).

Se encontró una estrecha correlación negativa en intervalos entre partos con el aumento de peso medio de las vacas; en efecto los intervalos (Vera *et al.*, 2002) bajaron desde 760 días para vacas que mantuvieron un peso promedio de 330 kg, a 480 días para vacas con peso medio de 390 kg, siendo que estos últimos en general correspondieron a vacas que pasaron de *U. humidicola* a *U. decumbens* durante la fase reproductiva.

En promedio de la vida productiva examinada en estos experimentos (9 años) la ganancia de peso fue de $139 \pm 82 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}$, dependiendo de la estrategia de levante y cría adoptada. Tanto estos resultados presentados, como los de (S'Thiago *et al.*, 2000) sugieren que, dependiendo del manejo de la fertilidad de los suelos y el manejo de la etapa de lactancia, *U. humidicola* es capaz de mantener desempeños reproductivos aceptables para sistemas extensivos de cría.

Estimación de la concentración de clorofila y su relación con la concentración de proteína cruda.

En gramíneas tropicales el conocimiento de la concentración de nitrógeno (N) es fundamental para la toma de decisiones en relación con el uso del forraje y la necesidad de fertilización (Pardo y Pérez, 2010). Como una alternativa a la determinación de la concentración de N por métodos analíticos convencionales, como el método Kjeldahl, se ha propuesto la medición de la concentración de clorofila en las hojas y la correlación de la intensidad del color verde con la concentración de proteína cruda (PC) foliar.











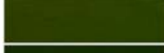
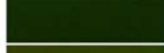


Esta metodología, ha sido exitosamente probada no solo en cultivos como algodón (Neves *et al.*, 2005) y maíz (Argenta *et al.*, 2001; Zotarelli *et al.*, 2003) sino también en algunos pastos, p.ej. *Cynodon dactylon* cv. Tifton 85 (Silva *et al.*, 2009) y *Urochloa brizantha* cv. Marandu (Guimarães *et al.*, 2011).

Esta metodología se basa en que el N es esencial para la formación de la clorofila y hace parte del anillo tetrapirrol que conforma esta molécula (Salisbury y Ross 1994). Una metodología que permita una rápida evaluación de la concentración de PC foliar en los pastos sería una herramienta útil para la toma de decisiones por parte de los ganaderos respecto al momento apropiado para el ingreso de los animales a las pasturas y para la aplicación de fertilizantes, así como una herramienta muy útil, en el proceso de selección de nuevos cultivares.

En una serie de gramíneas tales como *Urochloa decumbens* (sin. *Brachiaria decumbens*) cv. Decumbens, *U. humidicola* (sin. *B. humidicola*; antes: *B. dictyoneura*) cv. Llanero y *U. brizantha* (sin. *B. brizantha*) cv. Toledo, Rincón *et al.*, (2019), estudiaron la relación entre la intensidad del color verde de las hojas y la concentración de proteína cruda (PC) foliar en las gramíneas mencionadas.

El siguiente Cuadro 20, presenta la concentración de proteína cruda y color de las hojas en 7 grupos de concentración de clorofila en hojas de *U. humidicola* cv. Llanero en los Llanos Orientales de Colombia.

Cuadro 20. Concentración de proteína cruda y color de hojas en *U. humidicola*

Rango de concentración de clorofila (grados SPAD)	Proteína cruda (%)	Rango de códigos en Tabla Munsell	Rango de colores según tabla Munsell	
≤20	4.5	5GY 6/8 – 7/8		
20 – 25	4.7	5GY 5/8 – 6/8		
26 – 30	5.7	5GY 5/6 – 5/8		
31 – 35	6.6	5GY 5/6 – 4/8		
36 – 40	7.5	5GY 4/6 – 4/8		
41 – 45	9.2	5GY 4/6 – 4/4		
46 – 50	12.5	5GY 4/4 – 4/6		

Fue posible establecer relación entre la concentración de N (proteína cruda) y la de clorofila (medida en grados SPAD) para los cultivares estudiados.

Por tanto, el uso de un clorofilómetro portátil tiene el potencial de asistir a los ganaderos en la toma de decisiones sobre prácticas de pastoreo y fertilización, así como una herramienta útil en un programa de selección.

Capacidad de Inhibición de Nitrificación Biológica y emisiones

El primer estudio sobre inhibición de la producción de NO_3 (BNI en inglés) por algunas gramíneas tropicales fue conducido por Sylvester-Bradley *et al.* (1988) quien mostró que dicha inhibición podría ser superada con la aplicación de N, excepto en el caso de *U. humidicola*.

Se ha demostrado repetidamente que *U. humidicola* inhibe la nitrificación, o sea la conversión de NH_4 a NO_3 en el suelo, con lo cual, disminuyen muy significativamente las pérdidas de N por lixiviación y de N_2O por emisión (Karwat *et al.*, 2018; Subbarao *et al.*, 2015, entre otros).

Se atribuyó esa inhibición de la nitrificación a la producción y liberación de un compuesto secundario denominado braquialactona. Más recientemente se postuló que existen varios isómeros de braquialactona (Egenolf *et al.*, 2020), pero aún quedan pendientes numerosos estudios para identificar el origen genético de los mismos y su efectividad.

La capacidad de BNI de *U. humidicola* trae aparejada una disminución muy significativa de las emisiones de N_2O del suelo y aumentos en la eficiencia de uso del N del suelo. Por ejemplo, Pastrana *et al.*, (2011) en Turipaná (Cereté, Colombia, 8° 79" N, 75° 47" O) aplicaron dosis de 0, 150 y 300 kg N ha⁻¹ a 5 accesiones de *U. humidicola* y encontraron muy bajas emisiones de N_2O por *U. humidicola* CIAT 679, y algo más altas en el resto.

Byrnes *et al.*, (2017) reportaron emisiones de N_2O bajo *U. humidicola* 679 de 0.00002% versus 0.07% bajo U. híbrido cv Mulato.

Chirinda *et al.*, (2019) mostraron que dicha inhibición se extiende a las emisiones de orina vertida en el suelo, siempre y cuando haya buena cobertura vegetal.

La disminución de la nitrificación trae aparejada una conservación de N el suelo, que resulta en aumentos relativos de la producción de granos luego del cultivo de *U. humidicola* por varios años. Moreta and *et al.*, (2014) en La Libertad (piedemonte del Dpto del Meta, Colombia) comprobaron que luego de 15 años de *U. humidicola*, el rendimiento de maíz al que se aplicó 60 kg N ha⁻¹ ha fue de aproximadamente 2400 kg ha⁻¹ (números leídos de las gráficas respectivas) en comparación al cultivo luego de sabana nativa de 1500 kg ha⁻¹, y cuando se aplicaron 240 kg N ha⁻¹, los rendimientos fueron de 3700 y 2200 kg respectivamente.

En el segundo año de maíz después de *U. humidicola* todavía se observó un efecto residual positivo del cultivo previo de *U. humidicola*, con respuestas que oscilaron entre aproximadamente 62 y 50 de grano producido por kg N aplicado para 60 y 120 kg N respectivamente (Karwat *et al.*, 2017).

La lenta descomposición de la litera (litter) de *U. humidicola*, asociada con la alta relación C/N igual que la de algunas otras gramíneas tropicales, contribuye a la conservación de nutrientes con vidas medias (half life) que dependiendo de la época en que se incorporan al suelo varió según Thomas y Asakawa, (1993) entre 91 y 248 días.

El énfasis en los nuevos híbridos de la especie *U. humidicola*, radica en la capacidad de Inhibición de Nitrificación Biológica (BNI, sigla en inglés).

U. humidicola, exuda compuestos orgánicos que inhiben la nitrificación en el suelo. Esta capacidad, es conocida como Inhibición Biológica de la Nitrificación (IBN) y tiene un gran potencial para ser aplicado en la recuperación de suelos, disminución de la polución ambiental asociada con la agricultura y mejora del uso eficiente del nitrógeno de los cultivos.

La "Inhibición de Nitrificación Biológica", es un fenómeno natural, que ha sido objeto de investigación interdisciplinaria y que dio a conocer, el mecanismo por el cual ciertas plantas como por ejemplo (*Urochloa humidicola*), inhiben naturalmente la conversión de N en el suelo de una forma estable, a formas sujetas a pérdida por lixiviación (NO₃) o al poderoso gas de efecto invernadero N₂O (Subbarao *et al.*, 2012).

U. humidicola, está adaptada a los suelos con bajo contenido nitrógeno de las sabanas sudamericanas, y ha demostrado, alta capacidad de inhibición de nitrificación biológica (Subbarao *et al.*, 2007), como se aprecia en Cuadro 21.

Cuadro 21. INB liberado por raíces intactas de algunas plantas forrajeras

Gramíneas	Cantidad total de INB liberado por cuatro plantas (ATU* día ⁻¹)
<i>Urochloa humidicola</i>	51.1
<i>U. decumbens</i>	37.3
<i>Melinis minutiflora</i>	21.4
<i>Megathyrsus maximum</i>	12.5
<i>Lolium perenne</i>	13.5
<i>Andropogon gayanus</i>	11.7
<i>U. brizantha</i>	6.8

Adaptado de Subbarao *et al.*, 2007. ATU= Unidades de alitiourea

El principal inhibidor de la nitrificación en las gramíneas del género *Urochloa*, es la braquilactona, un diterpeno cíclico (Subbarao *et al.*, 2009). La reducción de la pérdida de N del suelo bajo un pasto *U. humidicola* tiene un efecto ambiental directo y beneficioso, el cual, tendrá un impacto positivo adicional en un cultivo posterior, por ejemplo, maíz.

Estudios realizados por Byrnes *et al.*, (2017), confirman que las gramíneas forrajeras tropicales con alta capacidad de BNI, desempeñan un papel clave en la mitigación de las emisiones de N₂O de la orina en los parches depositados en las praderas pastoreadas. En consecuencia, la adopción extensiva de pastos forrajeros tropicales con alta capacidad de BNI en ambientes de bosques tropicales húmedos y subhúmedos, pueden tener un gran potencial para reforzar el ciclo del N en pastizales para atenuar el cambio climático. Los mencionados autores, resaltan que, dado que dicho estudio fue basado en un período de monitoreo de corto plazo, sugieren firmemente la necesidad de estudios con períodos de seguimiento más prolongados, para descartar los efectos a largo plazo en las propiedades específicas del suelo, particularmente activos con AOA (arqueas oxidantes de amoníaco), el cual, es uno de los principales contribuyentes a la oxidación del amoníaco (Ochoa *et al.*, 2015).

Banco de semilla en praderas de *Urochloa humidicola*

Silva y Días-Filho (2001), estudiaron el banco de semillas de una pradera de *U. brizantha* con 4 años de edad y otra de *U. humidicola* con 4, 15 y 20 años de edad, ubicada en el noreste del Estado de Pará. El objetivo, fue estudiar el efecto de la edad de la pastura y especie, en la composición del banco de semillas de malezas del suelo.

El banco de semillas del suelo de *U. brizantha* resultó 10 veces menor que el de *U. humidicola* de la misma edad. Con respecto al efecto de la edad la pastura, el banco de semillas en la pradera de *U. humidicola*, fue menor en la de 20 años (1247 semillas m⁻²), sin detectarse diferencia significativa entre pasturas de 15 (11.602 semillas m⁻²) y 4 (9.486 semillas m⁻²) años de edad.

Las familias botánicas *Cyperaceae*, *Rubiaceae* y *Labiatae* fueron las que tuvieron el mayor predominio entre las malas hierbas que infestan la zona, en todos los tratamientos estudiados.

Con base en el banco de semillas del presente estudio, se puede concluir que los pastos estudiados, independientemente de la edad y especies forrajeras, tienen un gran potencial de ser infestadas por malezas, si se exponen a situaciones que permitan que su suelo esté desprotegido de la cubierta vegetal del pastizal.

Producción de semilla

Colombia

En los Llanos Orientales de Colombia, *U. humidicola* florece en el segundo semestre y produce muy poca semilla viable. La semilla es atacada por *Oebalus* sp., un chinche que la consume cuando está en formación (estado pastoso). A su vez, la semilla es atacada por un canario silvestre (la chisga), un ave abundante en los arrozales. Estos factores, constituyen limitantes para la producción de semilla en la región. La semilla de *U. humidicola*, presenta latencia prolongada y puede ser mayor de nueve meses (Pérez Bonna y Lascano, 1992).

Un tiempo más tarde, Ruiz *et al.*, (1996), evaluaron 186 accesiones de 9 especies de *Urochloa*, bajo dos niveles de fertilidad: a) el recomendado para establecer pasturas; b) el nivel para establecer un sistema integrado arroz-pastos, en los Llanos Orientales de Colombia. En el tercer año, se evaluó el potencial de rendimiento de semillas.

Las 77 accesiones de *U. brizantha*, presentaron el mayor rendimiento de semilla pura (0.38 g/planta), mientras que la mayoría de las otras especies, variaron entre 0.08 y 0.32 g/planta.

La especie que presentó mayor rendimiento de semilla pura por unidad de área fue *U. dictyoneura* CIAT 6133 (1.54 g m²), siendo estadísticamente diferente de *U. humidicola*, que obtuvo una media de (0.26 g m²), para las 54 accesiones evaluadas.

Un estudio muy relevante, comparando cosecha manual y mecanizada, fue el realizado en la hacienda Matazul, en el municipio de Puerto López, en el departamento del Meta en los Llanos Orientales de Colombia por Hoyos *et al.*, (1997).

El área, está localizada a 4° 09' 4.9" de latitud norte y 72° 38' 23" de longitud oeste a 265 msnm. La precipitación promedio anual es de 2568 mm, con una temperatura promedio de 26 °C. Los suelos, son Oxisoles con bajos niveles de P, MO, cationes y alta saturación de Al. Los niveles de fertilización aplicados, se presentan en el Cuadro 22.

La cosecha de semilla, fue realizada en forma manual y en forma directa con combinada.

Cuadro 22. Tratamientos de fertilización utilizados en Hacienda Matazul

Tratamientos	Nutrientes aplicados					
	kg ha ⁻¹					
	N	P	K	Mg	S	Zn
T1	92	-	-	-	-	-
T2	46	10	18	11	22	-
T3	46	-	18	11	22	-
T4	46	-	-	-	-	-
T5	23	5	-	-	-	-
T6	92	-	-	-	-	4
T7	46	-	-	-	22	-
T8	46	-	18	-	-	-
T9	46	-	18	-	22	-

Fuentes: Urea (46%N); Sulpomag (22% S, 18% K, 11% Mg); Flor de azufre (85% S); ZnSO₄ (22.5 %Zn); KCl (50% K).

Los resultados, indican que la cosecha manual, es posible cosechar el doble de semilla de *U. dictyoneura* que con la cosecha directa con combinada. La utilidad de cada método de cosecha, es función del área del semillero y de la disponibilidad de mano de obra y maquinaria (Cuadro 23).

La producción máxima de semilla obtenida fue de 202 kg ha⁻¹, valores similares a los reportados por Cardozo *et al.*, (1991), en Carimagua-Colombia.

En el trabajo realizado por Hoyos *et al.*, (1997), una vez más se confirma que el elemento N, es el factor limitante en la producción de semilla. El estudio realizado, sugiere que niveles de 70 kg N ha⁻¹, son suficientes para una cosecha satisfactoria. Con 92 kg N ha⁻¹, se observó volcamiento de las espigas, lo cual afectó la eficiencia de cosecha con la combinada.

El conteo de inflorescencia, constituye una variable importante para estimar rendimientos de semilla por cosecha manual, particularmente cuando no se presentan deficiencias de N en el sistema (Cuadro 23).

Cuadro 23. Número de inflorescencias y producción de semilla de *U. dictyoneura* realizada por cosecha manual y con combinada

Tratamientos ^a	Inflorescencias	Producción de semilla kg ha ⁻¹	
	Espigas/m ²	Cosecha manual	Combinada
T1	213 a*	202 a	103 a
T2	186 b	167 ab	71 bc
T3	145 c	123 b	59 cd
T4	76 ef	61 c	27 e
T5	87 e	72 c	30 d
T6	208 a	167 ab	100 ab
T7	63 f	48 c	-
T8	104 d	73 c	-
T9	89 e	71 c	-

*Promedios en una misma columna seguidos por letras iguales no difieren en forma significativa (P0.05), según la prueba de Duncan.

a. Los tratamientos de fertilización son los que aparecen en Cuadro 21.

Rincón (1995), evaluó la producción de semilla de *U. dictyoneura* y *U. brizantha* en las sabanas bien drenadas de los Llanos Orientales de Colombia. El experimento, se llevó a cabo en el CI Carimagua, localizado a 4° 37' de latitud N y a 71° 13' de longitud O. El promedio de precipitación anual es de 2400 mm entre abril y noviembre y la temperatura media es de 26°C. Las gramíneas, fueron sembradas en dos tipos de suelo, uno franco arcilloso y el otro en suelo arenoso (Cuadro 24).

Cuadro 24. Propiedades físicas y químicas de los suelos utilizados

Propiedades	Suelo franco arcilloso	Suelo arenoso
	%	
Arena	16	65
Arcilla	43	18
MO	3.2	1.2
pH	4.7	4.5
ppm		
P	2.8	2.5

Los resultados de este ensayo muestran la gran diferencia en producción de semilla de *U. dictyoneura* cv. Llanero y *U. brizantha* cv. La libertad, en los Llanos Orientales de Colombia. Al mismo tiempo, señalan la importancia del nitrógeno para alcanzar rendimientos razonables. Los rendimientos de semilla pura en *U. dictyoneura* fueron 30% superiores en suelo franco arenoso, en relación con los rendimientos en el suelo franco arcilloso, mientras que los de *U. brizantha*, fueron similares en ambos tipos de suelo (Cuadro 25).

Cuadro 25. Producción de semilla de *U. brizantha* y *U. dictyoneura* en los Llanos Orientales de Colombia en suelos de textura diferente

Tratamientos	Niveles de fertilización					Producción de semilla kg ha ⁻¹			
	N	P	K	Mg	S	Suelo			
	kg ha ⁻¹					Franco arcilloso	Franco arenoso	Franco arcilloso	Franco arenoso
						<i>U. brizantha</i>		<i>U. dictyoneura</i>	
1	50	22	25	20	20	7.5 ab*	89 a	45 ab	67 a
2	100	22	25	20	20	10 a	10.4 a	75 a	72 a
3	50	22	25	20	40	8.2 ab	9.3 a	44 ab	57 ab
4	50	0	25	20	20	6.8 ab	6.8 ab	34 ab	59 ab
5	50	22	0	20	20	6.5 ab	6.2 ab	39 ab	65 ab
6	50	22	25	0	20	7.8 ab	6.4 ab	39 ab	63 ab
7	50	22	25	20	0	6.4 ab	7.3 ab	33 ab	52 ab
8	0	22	25	20	20	3.8 b	4.0 b	15 b	31 b
9	0	0	0	0	0	2.4 b	3.3 b	12 b	26 b

*Valores en una misma columna seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa (P<0.01), según la prueba de Duncan.

Brasil

Desde la década de 1970, las semillas de *Urochloa humidicola* "común" han constituido una fracción importante del mercado brasileño de semillas.

La mayoría de estas semillas, provienen de áreas de pasto donde se excluyen los animales desde la primavera hasta la cosecha en verano.

La producción comercial, es baja y variable, especialmente como resultado de la falta de una gestión adecuada de la producción de semillas.

La producción se ve afectada en praderas heterogéneas en términos de cobertura del suelo, altura y constitución.

El método de recolección más utilizado es la cosechadora autopropulsada, de reconocida ineficiencia, en la recuperación de las semillas producidas.

El uso de este equipo, también es limitado, debido a la marcada asociación entre sincronismo floral y desgrana natural de las semillas que resulta en un corto período de cosecha de las semillas, haciendo que permanezcan disponibles para este método de cosecha, durante sólo 5-7 días en cada temporada.

Anticipación o retraso en la fase reproductiva de las plantas, obtenidos mediante manejo agronómico diferenciados, tal vez puedan proporcionar la distribución temporal de la producción. Un trabajo realizado por Dübbern de Souza *et al.*, (2015), se llevó a cabo con el objetivo de evaluar los efectos de las prácticas culturales en el período de producción, calidad y disponibilidad para cosechar semillas de *U. humidicola*. El área, fue previamente utilizada como pasto en los dos años anteriores al estudio.

Se evaluaron los efectos de las alturas de corte (5 cm y 15 cm sobre el suelo, y el testigo (plantas sin cortar), asociado o no, con la remoción o quema de residuos vegetales resultante de ellos. Los autores citados, observaron que la acumulación de biomasa, constituida por restos de hojas y macollos muertos o estériles y sus segmentos, reducen la producción de semillas en *U. humidicola*. En los dos años de evaluación del experimento,

se comprobó que el corte de las plantas a 5 cm del suelo al comienzo de la temporada de lluvias, seguido de la remoción de los residuos, permitieron mayores rendimientos de semillas germinables puras.

Bajos rendimientos obtenidos en áreas de producción de semillas de *U. humidicola* "común", son causadas por la asociación del corto período de retención de semillas en inflorescencias, y el marcado sincronismo de la aparición de inflorescencias. Como resultado, el período de cosecha, es muy reducido. La escala de producción de semillas entre y dentro de los campos, permitiría extender los períodos de recolección y uso eficiente de maquinaria, en sistemas comerciales de producción. En el mismo parecer, mencionado anteriormente, Molinare Peres *et al.*, (2010), estudiaron los efectos de las dosis de N para extender el período de cosecha. Se evaluaron cinco dosis de N (0, 25, 50, 75 y 100 kg N ha⁻¹), aplicadas en cobertura en forma de urea, al inicio de la temporada de lluvias. Muestras de semillas, se cosecharon a 66, 69 y 72 días de la aplicación de N.

Los mencionados autores, estimaron los efectos de los tratamientos en términos de productividad potencial de semillas puras, germinables y de los componentes de la producción de semillas. En esta revisión, destacamos el momento de mayor disponibilidad de semillas puras en la cosecha, el período de disponibilidad, el cual, varió con de la dosis de N aplicado.

La productividad potencial más alta (295 kg ha⁻¹) se obtuvo con 75 kg ha⁻¹ de N.

La productividad máxima resultante de la aplicación de 50 kg ha⁻¹ de N fue 16% menor, y se alcanzó cuatro días después (Cuadro 26).

Los autores, concluyen que a pesar de que los efectos sobre la disponibilidad para la cosecha se han producido a expensas de la reducción de la producción, el uso de diferentes dosis de N puede contribuir a la reducción de riesgos y costos, en la producción de semillas de la mencionada especie.

Cuadro 26. Efecto de la dosis de nitrógeno en la producción potencial de semilla en *Urochloa humidicola*

Dosis de nitrógeno	Producción potencial de semilla pura			
	Máxima estimada	Máxima estimada por kg ha ⁻¹ de N aplicado	Incremento en relación al control	Incremento por kg ha ⁻¹ de N aplicado
	kg ha ⁻¹			
0	147	-	-	-
25	203	8.1	56	2.2
50	248	5.0	101	2.0
75	295	3.9	148	2.0
100	223	2.2	76	0.8

Un experimento realmente innovador, fue el llevado a cabo por Rocha Mecelis y Schammas (1988), durante tres años consecutivos en el Instituto de Zootecnia, en Nova Odessa, Estado de São Paulo, Brasil (situado a una altitud media de 550 msnm y coordenadas geográficas de 22 42' de latitud sur e 480 18' de longitud oeste), con el fin de estudiar los efectos de niveles de N y tiempos de cosecha sobre el rendimiento de semilla pura de *U. humidicola*.

Los tratamientos fueron, tres N dosis (0, 75 y 150 kg N ha⁻¹) y diez tiempos de cosecha. Los mismos, se organizaron en bloques al azar con tres repeticiones, en un diseño de parcelas divididas, con tres repeticiones (Cuadro 27).

La primera cosecha se realizó 14 días después de la fecha de floración inicial (IF). Las otras cosechas, se realizaron posteriormente en forma semanal. Rendimiento de semillas en la primera y después de la quinta cosecha (14 y 42 días después de IF) fueron muy bajos. Los mayores rendimientos de semillas se obtuvieron a los 21 y 28 días después de IF, lo que mostró que la floración y la maduración de semillas ocurren, en esta especie, en un período más corto que en las otras gramíneas tropicales.

El efecto de las tasas de N sobre el rendimiento de semillas no fue significativo en el primer año, pero los mayores rendimientos de semilla se obtuvieron con 97 y 110 kg N. ha⁻¹ en el segundo y tercer año, respectivamente (Cuadro 27).

El tratamiento de 150 kg N. ha⁻¹ tuvo plantas más altas y acamadas, luego de completada la floración.

Cuadro 27. Producción de semilla pura de *U. humidicola* en diferentes momentos de cosecha y niveles de nitrógeno en el segundo año de establecida

Día de cosecha, luego de iniciada la floración	Producción de semilla kg ha ⁻¹		
	Niveles de N kg ha ⁻¹		
	0	75	150
14	25	22	22
21	76	178	204
28	92	357	286
35	63	114	89
42	7	20	11
N	**		
DC	**		
N x DC	**		
CV - N	35.2		
CV - DC	29.1		

Adaptado de: Rocha Mecelis, N. y Schammas, E. A. 1988.

En un experimento llevado a cabo sobre producción y calidad de semilla de *U. humidicola* cv. Llanero, entre noviembre de 2008 a abril de 2009, en el sitio de Santa Angélica, en la ciudad de Santo Anastácio, al oeste del estado de São Paulo, a latitud 22° 12 '17,6 "S y longitud 51° 49' 46,6" O y a 500 msnm.

Los autores, Catuchi *et al.*, (2010), encontraron que la productividad de semillas puras por hectárea, fue influenciada por la fertilización con nitrógeno y potasio.

Según la ecuación ajustada, estimaron que para cada kg ha⁻¹ de N aplicado al sistema, hay un aumento de la productividad de semillas del 0,22%.

Para la respuesta de la productividad a la fertilización con potasio, hubo un incremento del 0.34% por cada kilo de K aplicado al sistema.

El porcentaje de germinación de semillas de *U. humidicola*, fue influenciada positivamente por la aplicación combinada de N y K.

La fertilización de cobertura de N y K, en el momento de formación de los macollos, redujo significativamente la proporción de semillas vanas.

La dosis de 127 kg N ha⁻¹ más 100 kg K₂O ha⁻¹, aumento de la producción de semillas (Cuadro 28).

Cuadro 28. Producción de semilla de *U. humidicola* cv. Llanero en Santo Anastasio, SP – Brasil

Potasio kg ha ⁻¹	Niveles de nitrógeno				Promedio
	0	50	100	200	
	kg ha ⁻¹				
Producción de semilla kg ha ⁻¹					
0	96*	222	213	247	194 b
50	232	268	189	212	225 b
100	216	257	372	296	285 a
200	270	212	327	277	271 a
Promedio	203 B	239 B	275 A	258 A	
N**	K**	NxK**	CV=23.71%		

*Promedios seguidos de las mismas letras mayúsculas en filas, y minúsculas en columnas, no difieren según la prueba de Scott-Knott al 5% de probabilidad.

Adaptado de: Catuchi *et al.*, (2010).

En el mismo estado, Deminicis *et al.*, (2010), realizaron dos experimentos en el Sector de cabras del Instituto de Ciencia Animal, de la Universidad Federal de Rio de Janeiro, para verificar el efecto de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio sobre la producción y calidad de semillas de *U. humidicola*. En ambos experimentos, el diseño experimental utilizado fue el de bloques aleatorizados en un esquema factorial, con cuatro repeticiones:

En el primer experimento, se utilizaron cuatro dosis de nitrógeno (0, 100, 200 y 400 kg ha⁻¹) y cuatro dosis de potasio (0, 100, 200 y 400 kg ha⁻¹).

En el segundo, fueron aplicadas tres dosis de nitrógeno (0, 100 y 200 kg ha⁻¹) y tres dosis de fósforo (0, 50 y 75 kg ha⁻¹).

La recolección de semillas se realizó 24 días después de la emergencia de las inflorescencias.

Los resultados mostraron el efecto ($P < 0.05$) de la fertilización nitrogenada en la producción, tanto en peso como en número, y germinación de semillas, pero la fertilización con fósforo y potasio, no tuvo ningún efecto sobre la producción y calidad de semillas (Cuadro 29).

Cuadro 29. Efecto del nitrógeno, potasio y fosfato en la producción y de semilla de *U. humidicola*

Potasio kg ha ⁻¹	Niveles de nitrógeno			
	0	100	200	400
	kg ha ⁻¹			
	Producción de semilla kg ha ⁻¹			
0	102 Ac	112 Ac	190 Aa	146 Ab
100	100 Ac	111 Ac	192 Aa	145 Ab
200	101 Ac	110 Ac	193 Aa	144 Ab
400	101 Ac	111 Ac	193 Aa	148 Ab

* Medias seguidas de la misma letra mayúscula en la columna y minúscula en la fila, para la misma variable estudiada, no difieren por la prueba de Tukey a 5%. Adaptado de: Deminiciis *et al.*, (2010).

En el campo experimental del centro de Cerrados (EMBRAPA-CPAC), Andrade *et al.*, (1983), condujeron un experimento, con el objetivo de verificar si la región de “Cerrados”, era apta para la producción comercial de semilla.

Fueron sembradas y evaluadas gramíneas del género *Urochloa*, por tres años consecutivos (Cuadro 30).

Cuadro 30. Producción de semilla de dos especies de *Urochloa* en el Cerrado brasileño

Especies	No. de cosechas	Producción de semilla pura		
		Años		
		1	2	3
<i>U. humidicola</i>	I	12	333	84
	II	-	168	-
<i>U. decumbens</i>	I	90	260	88
	II	40	179	285
	III	2	4	-

Adaptado de: Andrade *et al.*, (1983).

Los autores sugieren que la región de Cerrados, es potencialmente favorable para la producción de semillas forrajeras especialmente *U. humidicola*, que produjo más de 300 kilogramos de semilla pura por hectárea, en el segundo año de establecida.

México

Enríquez Quiroz *et al.*, (2005), evaluaron 12 ecotipos de *U. brizantha*, 9 de *U. decumbens* y 6 de *U. humidicola*, previamente seleccionados por sobresalientes por su adaptación y productividad por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en el Campo Experimental Papaloapan, en el municipio de Isla, Veracruz, localizado a 18° 06' Norte y 95° 32' Oeste, a una altitud de 65 msnm.

Dentro de las accesiones de *U. humidicola* evaluadas, el ecotipo 6133 produjo 345 kg ha⁻¹. Los testigos comerciales, Insurgente, Chontalpo y Chetumal, tuvieron un rendimiento de semilla clasificada de 32, 106 y 21 kg ha⁻¹, respectivamente, lo que significó el 21, 40 y 6 % del mejor ecotipo dentro de cada especie (Cuadro 31).

Cuadro 31. Densidad de tallos florales, rendimiento de semilla cruda y clasificada de seis ecotipos de *Urochloa humidicola* en el sur de Veracruz, México

<i>U. humidicola</i>	Tallos reproductivos	Semilla cruda	Semilla clasificada*
	m ²	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
CIAT/6133	628 ab**	537 a	345 a
CIAT/26149	838 a	219 b	107 b
CIAT/6705	761 a	136 b	52 b
Chetumal	911 a	55 b	21 b
CIAT/6369	273 bc	63 b	41 b
CIAT/16886	181 c	64 b	31 b

*Semilla con porcentaje de pureza superior al 90%.

**Medias con letras diferentes dentro de las columnas, mostraron diferencias significativas (P < 0,05).

Alternativas para la cosecha de semilla de *U. humidicola*

La elección del método para la cosecha es uno de los principales determinantes del éxito de los sistemas producción comercial de semillas de *U. humidicola*, y es una de las primeras decisiones a tomar en el proceso de planificación de la producción. Según Francisco Dübbern de Souza *et al.*, (2016), lo más importante de ellas, es quizás la elección del área apropiada, ya que hay regiones que no están indicadas por limitaciones climáticas, edáficas o sanitarias.

La elección se basa no solo en las características de desarrollo de las plantas, sino también en la disponibilidad de recursos financieros, de personal y de equipamiento, en las características edafoclimáticas locales, y en la aplicación de prácticas de manejo agronómico capaces de adaptar el cultivo al método elegido.

Actualmente existen varias alternativas para la cosecha de semillas de pastos forrajeros tropicales a nivel comercial. La cosecha en América tropical, va desde manual, sudado, barrido, combinada, y hasta la introducción de cosecha por succión, como ilustran las Fotos 3 y 4.

Hablar del tipo de combinada a utilizar, no se justifica puesto que los cambios en maquinaria agrícola, son difíciles de predecir. Recientemente, Bragachini (2017), presentó una nota que se resume a continuación:

“La maquinaria agrícola del 2030 es difícil de predecirla frente a los cambios bruscos que se avecinan en los sistemas productivos”.

Hay tendencia mundial de máquinas con más capacidad de trabajo, menos horas/hombre/ha⁻¹ (auto guiadas y robotizadas), livianas para evitar agresiones al suelo (traslados con menos presión específica, nuevos neumáticos y bandas de caucho y acero). Lo revolucionario, estará en la electrónica, software, comunicaciones y conectividad, robotización, revolucionarios sensores capaces de identificar objetos, plantas, estado de humedad y nivel nutricional de suelo.

Método de sudado o método da pilha

En la década de los 60 y 70, el principal método de cosecha de semilla de especies tropicales, se realizaba de forma artesanal, por el método de corte y sudado, conocido en Brasil como “método da pilha”. Dicho sistema, cuando bien realizado y controlado, produce semilla de alta calidad. La cosecha que se realiza por el método de sudado o “pilha” manual, pueden obtenerse resultados de la producción sorprendentes en regiones con condiciones climáticas para la producción de semillas de gramíneas forrajeras tropicales Peres *et.al.*, (2012)

Método de recolección de paja

El método de recolección de paja, requiere el uso de cosechadoras autopropulsadas con potencia suficiente para cortar y trillar, en una sola operación, gran volumen de masa vegetal (no solo las inflorescencias) presentes en el cultivo, recuperando las semillas desconectadas de las inflorescencias y acumuladas entre sus hojas y vainas.

El uso de este método, no es viable para los cultivares de *U. humidicola*, pues no permite la acumulación de cantidades importantes de semillas caídas (Teixeira y Verzignassi, 2010).

Método de succión

Los recientes desarrollos tecnológicos, han licenciado la posibilidad del uso del método de recolección por succión (Foto 4). El cual, es realizado por un equipo especial, equipado con cepillos de cerdas y potentes aspiradoras, que recogen las semillas acumuladas en la superficie del suelo al final del ciclo reproductivo después del corte de las plantas (Teixeira y Verzignassi, 2010).

Es un sistema de bajo rendimiento, de alto costo y requiere el secado de la semilla una vez recogida.

Una de las ventajas, es que el corte de aproximadamente de 10 cm, previa la operación de succión, favorece el rebrote rápido y el aprovechamiento del campo como forraje, hasta el comienzo de la próxima cosecha.

Además, aumenta la probabilidad de obtener una segunda cosecha en la misma temporada, a pesar de alcanzar una producción menor que en la primera cosecha.



Foto 3. Etapas en la cosecha de semilla de *Urochloa*. a, b y c=método de pilha o suadado; d=cosecha manual; e, f=método de barrido manual; g, h e i=método de barrido mecanizado



Foto 4. Cosecha por tipo succión en *U. humidicola*

Método de barrido manual

El método de barrido manual, requiere mucha mano de obra, pues según los informes realizados, un hombre recoge en media por día entre 200 a 400 metros cuadrados, lo cual, para cosechar una hectárea por día, se requieren aproximadamente 25 – 50 personas por ha⁻¹ día⁻¹ (Souza y Rayman, 1988).

A su vez, el movimiento del suelo y erosión causada, es muy considerable.

Por ejemplo, Souza y Rayman, (1988), mencionan que se generan entre 50 – 100 kilogramos de tierra, para obtener un kilogramo de semilla.

Por lo expuesto, antes de ser comercializada, las semillas cosechadas por este método, debe pasar por un proceso muy laborioso y desagradable.

Otra de las razones por trasladarse la producción comercial de semilla forrajeras a Brasil Central, fue alejarse de los suelos pesados y arcillosos que dificultaban tanto la producción artesanal del “método da pilha”, así como el de barrido manual, pues la limpieza de las semillas del suelo, resulta más complicada, difícil y de mayor costo. Otro factor que incidió en estas mudanzas, fue la dificultad encontrada en cosechar las semillas tradicionales como pasto Jaragua (*Hyparrhenia rufa*), pasto Meloso o Gordura (*Melinis minutiflora*) frente a las nuevas gramíneas como *Urochloa decumbens*, *U. humidicola*, y la llegada en 1984 del cv. Marandu (*U. brizantha*).

Método de barrido mecanizado

El método de barrido se ha restringido al cv. Llanero debido a que sus estolones cubren la superficie del suelo con menor densidad, si se compara a los otros cultivares (Perez *et al.*, 2010).

Se suma a lo mencionado, que al tener porte semi-erecto de las plantas, facilita su eliminación y consiguiente exposición de las semillas, lo cual, facilita su recolección.

Se requiere equipo especial para usar este método, como rodillo triturador, segadora, rastillo y rastrillo cosechadora equipada con rollos de cerdas metálicas, tamices y de depósito. Este método, permite recuperar la mayor proporción de las semillas producidas y, por tanto, mayores rendimientos si en comparación con otros métodos.

Sin embargo, esto ocurre a expensas de recolectar grandes cantidades de desechos de tierra (polvo, terrones, piedras), cuya eliminación es problemático y costoso (Souza y Silveira, 2006)

Los lotes de semillas cosechados de esta manera no requieren prácticamente secado y presentan alta calidad fisiológica, ya que contienen altas proporciones de semillas maduras. Otra limitación es que su implementación requiere la siembra en hileras espaciadas y la eliminación de plantas en la cosecha. Por lo tanto, la disponibilidad de forraje es muy reducida e imposible de utilizar bajo pastoreo.

Cuando la cosecha es por barrido “varredura”, manual o mecanizado, no es necesario secar la semilla pues en ambos métodos de cosecha, la semilla tiene un contenido de humedad por debajo del 12%, es cual es suficiente para el almacenamiento de un año a otro.

Método de cosechadora automotriz

El método de la cosechadora autopropulsada consiste en utilizarlo equipo utilizado para cosechar granos y semillas de cereales, a veces mínimamente adaptados, regulados para la cosecha semillas de plantas forrajeras (Souza y Rayman, 1988) en un proceso que consiste en el corte y trillado simultáneo de las inflorescencias.

Este método ha sido preferido en Brasil en cultivos comerciales de *U. humidicola* cvs. Tully y BRS Tupi. Sus principales ventajas son:

- a) posibilidad de cosechar grandes superficies,
- b) uso de equipo a veces inactivo a principios del verano,
- c) poca dependencia del trabajo; y, principalmente,
- d) por resultar en la destrucción solo las inflorescencias, permite el uso del área, como pastura a ser utilizada, después de que se complete la cosecha.

Su trabajo, sin embargo, se enfrenta a ciertas limitaciones.

La eficiencia de este método está limitada por la concentración del período de la floración, especialmente en la especie de *U. humidicola* y, por tanto, también en la alta dehiscencia que presenta la mencionada especie.

Debemos además considerar que incluso en condiciones favorables, una cosechadora autopropulsada, no alcanza a cosechar más de 15 ha día⁻¹ y las semillas de *U. humidicola*, están adheridas a las inflorescencias por un periodo muy corto de apenas 5 a 7 días, en condiciones de clima favorable, es decir libre de vientos y lluvias imprevistas (Dübbern de Souza y Rayman, 1981; Dübbern de Souza, 2001 y 2006).

Porque consta de una única operación de corte seguido de la trilla (o arrastre) de las inflorescencias, parte de las semillas cosechado es inmaduro y otra parte se pierde como resultado de la pérdida ocurrió antes y durante la cosecha. Además, considerando que incluso en condiciones favorables una cosechadora autopropulsada cosechas convencionales no más de 15 ha¹ d¹ y las semillas permanecer disponible para cosechar (es decir, conectado a inflorescencias) por un período corto (5 a 7 días), se concluye que cada recolector cosechará, un máximo de 95 ha en cada cosecha (Rayman, 1981).

Los problemas también asociados con el uso de este equipo son:

- 1) baja eficiencia en la recuperación de semillas, es decir, se producen pérdidas significativo durante su funcionamiento (Hopkinson y Clifford, 1993); y,
- 2) gran potencial de daño mecánico a las semillas por mecanismo de trilla, que compromete la calidad fisiológica del producto cosechado (Hopkinson y English, 2005).

Por estas razones, los rendimientos de semillas de *U. humidicola* cv. Tully y BRS Tupi, son variables donde la cosecha se realiza con este método.

En Australia, ocasionalmente rinde más de 400 kg ha⁻¹ de semillas puras del cv. Tully. Un relevamiento en 20 cultivos comerciales, se alcanzó un promedio de únicamente 140 kg ha⁻¹ y pérdidas del 30% en el ciclo de cosecha (Hopkinson *et al.*, 1996).

En Brasil, también utilizando este método, Rayman (1981) reportaron un promedio de 80 kg ha⁻¹ de semillas 'limpias' y ocasionalmente, no más de 20 kg ha⁻¹ en la primera cosecha.

En el Departamento de Santa Cruz de la Sierra – Bolivia, Antezana Rojas y Pizarro, E. A. (2021), recientemente reportaron una producción media entre 50-100 kilogramos de semilla pura por hectárea, cuando cosechada mecánicamente, siendo dedicadas entre 400 a 600 hectáreas por año, a la producción de semilla de *U. humidicola* a nivel nacional.

Aunque crónicamente baja, la eficiencia de las cosechadoras, puede mejorarse mediante ajustes (Souza y Rayman, 1988). Las pérdidas de semillas pueden reducirse manteniendo la velocidad de avance y altura de funcionamiento de la cuchilla de corte para permitir un volumen constante procesado por el mecanismo de trilla, baja rotación y posicionamiento horizontal poco avanzado del carrete.

Limpieza frecuente del sacudidor de paja y tamices y desconexión de los ventiladores durante la cosecha también reducen las pérdidas. Cilindros trilladores operadas a altas velocidades (> 1000 rpm) y muy cerca del cóncavo dan como resultado una fragmentación excesiva de las plantas, en el aumento de la proporción de impurezas en semillas crudas y daños mecánica a las semillas.

En el caso de *U. humidicola* cvs. Tully y BRS Tupi, sin embargo, en la etapa inicial de las operaciones de cosecha por encima de estos límites son inevitables, porque en ese momento, las semillas se presentan más fuertemente conectadas a las inflorescencias.

Cuando la cosecha no se realiza mediante barrido, el secado debe hacerse al sol y forma muy lenta. Uno de los requisitos, es que se inicie el secado rápidamente, pero en forma muy lenta y extenderse por un tiempo mínimo de 72 horas.

Actualmente, la zona más productiva de Brasil es el sur de Mato Grosso, en región de Serra da Petrovina, donde extensas áreas son cultivadas, mecanizadas y la producción presenta buena calidad y rendimiento (Zuazo, 2021)

Cambio anhelado en la cosecha de semilla

Se debe hacer un esfuerzo en reducir erosión y poner en práctica un sistema más flexible y amigable con el medio ambiente. Reducir y erradicar la cosecha “teñida de rojo y polvareda” al verde brillante y limpio de la semilla de *Urochloa* bajo un sistema de “cosecha amigable” con el medio ambiente, como el de cosecha directa.

La cosecha con combinada, en forma directa o indirecta, posee la ventaja frente al sistema de “barrido”, en su flexibilidad.

Permite realizar tareas agronómicas necesarias en cualquier momento del ciclo de desarrollo de las plantas, así como permitir el pastoreo, lo cual reduce costos en la uniformización del cultivo, previo el ciclo de producción de semillas.

Por otro lado, es de menor agresividad al medio ambiente que el sistema de barrido.

Debemos ser conscientes de que los valores de humedad, son muy altos para almacenar la semilla en forma segura una vez cosechada. En el trópico, hoy día, hay muchas alternativas para reducir la humedad y almacenar la semilla de manera eficaz (Abadía y Bartosik (2013); Axel (1998); Morejón Mesa *et al.*, (2018), Rodríguez Gagol y Mesa (2020).

Calidad fisiológica y sanitaria, en relación a la región y empresa agropecuaria

Con el objetivo de evaluar la calidad física y fisiológica de semillas de tres especies de *Urochloa* (*U. brizantha*, *U. humidicola* y *U. decumbens*), de seis empresas establecidas en el comercio de Campo Grande, MS-Brasil, Laura *et al.*, (2009) analizaron un experimento en el Laboratorio Didáctico de Análisis de Semillas de la Universidad para el Desarrollo del Estado y Región del Pantanal - UNIDERP

Las variables analizadas fueron: pureza física, germinación, valor cultural y peso de 1000 semillas.

Los datos analizados, mostraron una gran variación en la calidad física y fisiológica de las semillas de *Urochloa* vendidas en Campo Grande-MS (Cuadro 32).

Las semillas de la especie *U. humidicola*, comercializadas en Campo Grande-MS son, en general, de baja calidad física y fisiológica (Cuadro 33).

Cuadro 32. Porcentaje de pureza de semillas de *Urochloa brizantha*, *U. humidicola* y *U. decumbens*, de seis empresas establecidas en el comercio Campo Grande-MS

Procedencia	Especies de <i>Urochloa</i>			Promedio
	<i>U. brizantha</i>	<i>U. humidicola</i>	<i>U. decumbens</i>	
1	91.56	73.75	56.12	73.81
2	53.88	45.19	46.97	48.68
3	43.58	41.82	39.40	41.60
4	93.79	61.18	44.57	66.51
5	44.91	58.50	54.82	52.74
6	54.87	61.65	39.55	52.02
Promedio	63.77	57.01	46.90	
Desvío padrón	22.86	11.76	7.26	

Cuadro 33. Porcentaje de germinación de semillas de *Urochloa brizantha*, *U. humidicola* y *U. decumbens*, de seis empresas establecidas en el comercio Campo Grande-MS

Procedencia	Especies de <i>Urochloa</i>		
	<i>U. brizantha</i>	<i>U. humidicola</i>	<i>U. decumbens</i>
1	59 a	9 a	50 ab
2	18 bc	4 a	27 bc
3	29 b	7 a	43 abc
4	67 a	4 a	46 abc
5	1 d	3 a	25 c
6	6 cd	15 a	58 a
CV %	24.30		

Medias seguidas por la misma letra minúscula en la línea y mayúscula en la columna, no difieren entre sí (Tukey 1%).

Un trabajo más reciente y relevante en *Megathyrsus maximus*, que debería realizarse en el género *Urochloa*, fue el realizado por Cruz (2019), donde estudió el efecto de la región de producción de semilla, sobre la calidad física, fisiológica y sanitaria las semillas cosechadas, en el cv. Mombaça.

Los principales resultados de su tesis, resaltan que la calidad de la semilla está influenciada por las condiciones climáticas y fitosanitarias del campo de producción. La identificación de características de las mejores zonas productoras de semillas de pastos forrajeros, permite mejora del sector y reducir significativamente costos.

Diecinueve lotes de semillas de *M. maximus* cv. Mombaça, de los Estados de São Paulo y Goiás, fueron colectados. La muestra, estuvo compuesta por seis lotes de Auriflama - SP, tres lotes de Guzolândia - SP, ocho lotes de Quirinópolis - GO y dos lotes de Serranópolis – GO.

Las variables estudiadas fueron: materia seca, viabilidad, pureza física, valor cultural, peso de mil semillas, contaminación con malezas, y pruebas de vigor de germinación y emergencia de plántulas en arena y en el campo, así como la calidad sanitaria de las semillas. Al mismo tiempo, se colectaron los datos de temperatura y precipitación en los campos de producción, desde el inicio de floración hasta la cosecha de semillas, en cada región de producción.

Las principales conclusiones confirman que los campos de producción de semillas *M. maximus* cv. Mombaça que tienen temperaturas máximas superiores a 32 °C en el ciclo de floración y la caída de semilla, producen semillas de baja calidad fisiológica. Campos de producción en la que se producen precipitaciones y altas temperaturas durante madurez y cosecha de semillas de *M. maximus* cv. Mombaça, no son favorables a producción de semillas de alta calidad fisiológica. Los campos de producción de semillas con temperaturas mínimas inferiores a 12 °C en el ciclo de maduración y temperaturas máximas superiores a 32 °C en el ciclo de la madurez y cosecha, fueron propicios a la infestación de hongos en las semillas. La precipitación acumulada entre 6 y 50 mm, favorecieron la producción de semillas infestadas por *Fusarium* sp.

Semillas obtenidas de lugares donde llovió y registraron temperaturas mínimas entre 12 y 16 °C en época de cosecha mostraron mayores incidencias de *Fusarium* sp., *Curvularia* sp. y *Aspergillus* sp. Los campos de producción de Quirinópolis – GO, produjeron semillas de inferior calidad sanitaria.

Conclusiones

U. humidicola es una gramínea tropical, de origen africano de porte bajo, rastrero y presenta hábito de crecimiento estolonífero. Crece bien en zonas tropicales desde el nivel del mar hasta 1800 m, con precipitaciones de 1000 a 4000 mm por año. Se comporta bien en un rango amplio de fertilidad, textura y acidez del suelo. Soporta suelos encharcados y crece muy bien en laderas. Tiene buena repuesta a la sombra, por lo que su uso en los sistemas silvopastoriles es muy aceptable.

Por el lento crecimiento en el período de establecimiento, se debe tener un manejo cuidadoso en los primeros pastoreos para asegurar su persistencia.

El valor nutritivo de *U. humidicola* es bajo, así como el contenido de proteína, pero muy variable entre localidades, para la mayoría de las accesiones actualmente disponibles. La calidad disminuye rápidamente a través del tiempo y la productividad animal, es menor que con las otras especies del género. Sin embargo, en suelos mejores y ambientes favorecidos, resulta en ganancias más altas, como las obtenidas por ver Ezenwa *et al.*, (2006), en Florida – EE.UU.

En relación a la producción de semilla, es muy baja y errática. En algunas localidades (por ejemplo, Colombia), la semilla es atacada por *Oebalus* sp., una chinche que la consume cuando está en estado pastoso.

La semilla, presenta latencia prolongada, que puede ser mayor a nueve meses, según Pérez y Lascano (1992), lo cual discrepa totalmente con los resultados de Nehring (1976), Galvão y Lima (1977), Tosello y Atalla (1977 y 1978) y los datos obtenidos por el equipo del Grupo Papalotla para la accesión CIAT 6369.

Urochloa humidicola es tolerante, pero no es realmente resistente a salivazo (Lapointe, 1993) y ha mostrado susceptibilidad a la roya causada por *Uromyces setariae-italicae* en América tropical (Parra Orozco, 1992).

La información presentada en este documento sobre *Urochloa humidicola*, centrada principalmente en el cv. Tully (CIAT 679), demuestra que esta gramínea tiene atributos positivos y negativos que, en balance, justifican su popularidad y aceptación en el Trópico de América Latina y el Caribe, así como en países asiáticos.

Su principal limitante es el bajo valor nutritivo en suelos pobres y ácidos no fertilizados o escasamente fertilizados.

Sus principales atributos incluyen su amplio rango de adaptación a variados ambientes, resistencia a sequías prolongadas y a inundaciones por largos períodos, y tolerancia al manejo subóptimo del pastoreo.

Referencias

- Abadía, B. y Ricardo Bartosik, R. (editores) 2013. Manual de buenas prácticas en poscosecha de granos: hacia el agregado de valor en origen. Buenos Aires. Ediciones INTA. 194 p.
- Alvim, M. J.; Botrel, M. de A.; Verneque R. da S.; Salvati J. A. 1990. Aplicação de nitrogênio em acessos de Brachiaria. 1. Efeito sobre a produção de matéria seca. Pasturas tropicais, Vol. 12, N° 2. p: 2-6.
- Amézquita, M.C., Amézquita, E., Casasola, F., Ramírez, B.L., Giraldo, H., Gómez, M.E., Llanderal, T., Velásquez, J. & Ibrahim, M.A. 2008a. C stocks and sequestration. In L. Mannetje, M.C. Amézquita, P. Buurman & M.A Ibrahim, eds. Carbon sequestration in tropical grassland ecosystems, pp. 49–67. Wageningen, Netherlands, Wageningen Academic Publishers. ISBN 978-90-8686-026-5.
- Aminah, A and Wong, C. C. 1991. Dry matter productivity and chemical composition of some promising grasses grown on acid sulphate soil. In: Ishak, Y.; Kassim, H.; Engku Azahan, E. A; and Abas, M. O. (eds.). Recent innovations in the animal and animal products industry: Proceedings of the 14th annual conference of the MSAP, Genting Highlands, Serdang, Malaysia, 8-9 May 1991. MSAP and Federal Livestock Farmer Association of Malaysia (FLFAM), Serdang, Malaysia. p. 92-96.
- Andrade, R. P.; Thomas, D. and Ferguson, J. E. 1988. Seed production of pastures species in a tropical savanna region of Brazil. II Grasses. Tropical Grasslands Vol.17. No. 2, pp. 59-64.
- Antezana Rojas. H. y Pizarro, E. A. 2021. Informe sobre encuesta de producción de semilla de *Urochloa humidicola* en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
http://www.pasturasdeamerica.com/articulos-interes/notas-tecnicas/bolivia-encuesta-produccion-urochloa-humidicola/encuesta_semilla_bolivia_final.pdf
- Argel P.J., Keller-Grein G. 1998. Experiencia regional con Brachiaria: Región de América Tropical -Tierras Bajas Húmedas. En: Miles J.W., Maass B.L., do Valle C.B. (Eds.). Brachiaria: Biología, Agronomía y Mejoramiento. CIAT. Cali, Colombia. pp. 226-246.
- Argenta G; Silva PRF da; Bortolini CG; Forsthofer EL; Strieder ML. 2001. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal 13:158–167. doi: 10.1590/S0103-31312001000200005.
- Armstrong W., Brändle R. and Jackson M.B. 1994. Mechanisms of flood tolerance in plants. Acta Bot Neerl 43(4). p.307-358.
- Axel C. 1998. Breves Normas de Control de Calidad. Proyecto de asistencia técnica en poscosecha y comercialización de granos y papa. Quito, Ecuador. 128 pp.

Barbosa R. A.; Amaral P.N.C.; Sbrissia A. F.; Camara T. T. 2013. Morphophysiological adaptations of *Brachiaria humidicola* cultivars under grazing. *Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales* 1:50–51.

Baruch Z. 1994. Responses to drought and flooding in tropical forage grasses. I. Biomass allocation, leaf growth and mineral nutrients. *Plant Soil*. 164: 87-96.

Baruch Z., Fisher M. 1991. Factores climáticos y de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el establecimiento de una pastura. En Lascano, C., Spain, J. (Eds.) *Establecimiento y renovación de pasturas*. CIAT. Cali, Colombia. pp. 103-142.

Bengough, A. G.; Castrign, A.; Pagés, L.; e Van Noordwijk, M. 2000. Sampling strategies, scaling and statistics. En: Smit, A. L.; Bengough, A. G.; Engels, C.; Van Noordwijk, M.; Pellerin, S.; e Van de Geijn, S. C. (eds.). *Root methods: a handbook*. Berlín Heidelberg: Springer-Verlag. p. 147-174.

Boddey R.M. et al., 2004. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 103(2): 389-403.

Bogdan, A.V. 1977. *Tropical Pasture and Fodder Plants*. Longman Inc., New York, USA. p. 57–58.

Borges Deminicis, B.; Rodrigues de Abreu, J.B.; Duarte Vieira, H.; do Carmo Araújo, S.A. 2010. *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick em diferentes idades de rebrota submetida a doses de nitrogênio e potássio. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1116-1123, set. /out.

Botrel, M. de A.; Alvim, M.J.; Xavier, D.F. 1999. Avaliação de gramíneas forrageiras na região sul de Minas Gerais. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.34, n.4, p.683-689.

Bragachini, M. 2017. La maquinaria agrícola, innovaciones y tendencias al 2030. *Ergomix*. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/maquinaria-agricola-innovaciones-tendencias-t41660.htm>

Buller, R. E., Steenmeijer, H.P., Quinn, L. R. e Aronovich, S. 1972. Comportamento de gramíneas perenes recentemente introduzidas no Brasil central. *Perq. agropec. bra.*, Sér. Zootec., 7:17-21.

Byrnes R.C. et al., 2017. Biological nitrification inhibition by *Brachiaria* grasses mitigates soil nitrous oxide emissions from bovine urine patches. *Soil Biology & Biochemistry*, 107: 156-163.

Byrnes, R. C., Núñez, J., Arenas, L., Rao, I., Trujillo, C., Alvarez, C., Arango, C.J., Rasche, F., Chirinda, N. 2017. Biological nitrification inhibition by *Brachiaria* grasses mitigates soil nitrous oxide emissions from bovine urine patches. *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 107. pp.156-163. ISSN 0038-0717.

Cardoso J.A. and Rao I., 2019. Drought resistance of tropical forage grasses, Handbook of Plant and Crop stress. Taylor and Francis. 4th Edition.

<https://doi.org/10.1201/9781351104609>

Cardoso J.A; Jiménez J; Rincón J; Guevara E; van der Hoek R; Jarvis A; Peters M; Miles J; Ayarza M; Cajas S; Rincón A; Mateus H; Quiceno J; Barragán W; Lascano C; Argel P; Mena M; Hertentains L. and Rao I. 2013. Advances in improving tolerance to waterlogging in *Brachiaria* grasses. Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales 1:197–201.

Cardozo, C.I., Sánchez, M., y Ferguson, J. E. 1991. Efecto del método de cosecha en el rendimiento y calidad de las pasturas de *Brachiaria dictyoneura* cv. Llanero. Pasturas Tropicales. 13 (1):9-17.

Carvalho, M. A.; Pizarro, E. A.; Djalma, M. 1992. Estudo da distribuição de raízes em *Brachiaria* spp. no Cerrado. In: Pizarro, Esteban A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales RIEPT. Reunión Sabanas (I, 1992, Brasília, Brasil). Resultados presentados. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC); Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Brasília, BR. p. 659-661. (Documento de trabajo no. 117).

Casierra-Posada, F. y Vargas Y. 2007. Crecimiento y producción de fruta en cultivares de fresa (*Fragaria* sp.) afectados por encharcamiento. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. Vol. 1. No.1:21-32.

Catuchi, T. A.; Ferrari da Costa, L. P.; de Moraes Barbosa, A; Custodio C; Tiritan, C.S.; Simoneti Foloni, J. S. 2010. Produção e qualidade de sementes de *Brachiaria humidicola* cv. Llanero em razão da adubação nitrogenada e potássica. XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Uberlândia - Minas Gerais, Brasil.

Chaves, M.M. 1991. Effects of water deficits on carbon assimilation. Journal of Experimental Botany. 42: 1-16.

Chaves, M.M., Maroco, J.P., Pereira J.S. 2003. Understanding plant responses to drought: from genes to the whole plant. Funct. Plant Biol. 30: 239-264.

Chirinda N. et al., 2019. Adequate vegetative cover decreases nitrous oxide emissions from cattle urine deposited in grazed pastures under rainy season conditions. Scientific reports, 9.

CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1978. Programa de Ganado de carne. Informe 1977. Cali – Colombia. 124 p.

CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1982. Tropical Pasture Program. Annual Report, 1981. Cali, Colombia. 304 p.

Clements, R. J. 1990. Centrosema species for semiarid and subtropical regions. In: Schultze – Kraft, R., Clements, R.J. (Eds.) Centrosema: Biology, Agronomy and Utilization. CIAT. Cali, Colombia. pp: 77-98.

Comerma J., Chacón E. 2002. Aptitud de los llanos venezolanos para los principales usos ganaderos. En: Romero R, Arango J, Salomón J (Eds.). XVIII Curso sobre Bovinos de Carne. Facultad de Ciencias Veterinarias, UCV. Maracay, Venezuela. pp: 193-215.

Corsi, M.; Martha Jr., G. B.; e Pagotto, D. S. 2001. Sistema radicular: dinâmica e resposta a regimes de desfolha. En: Soares, W. R.; Pedreira, C. G.; Siva, S. C. da (eds.). A produção animal na visão dos brasileiros. Sociedade Brasileira de Zootecnia. Piracicaba. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiros (FEALQ). p. 838-852.

Costa, C.; Dwyer, L. M.; Hamilton, R. I.; Hamel, C.; Nantais, L.; and Smith, D. L. 2000. Sampling method for measurement of large root systems with scanner-based image analysis. *Agron. J.* 92:621-627.

Cruz López P.I. and et al., 2011. Agronomic performance of *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickdt genotypes in the Mexican humid tropics. *Rev. Fitotec. Mex*, 32(2): 123-131.

Cruz, J. 2019. Regiões de produção na qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de *Panicum maximum* cv. Mombaça / José de Oliveira Cruz. -- Jaboticabal, 2019 73 p.: il., tabs., fotos Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Da Gama Rodrigues, A. C. y Cadima-Zevallos, A. 1991. Efectos de fertilización sobre sistema radicular de cacao en suelos de "Tabuleiros" del sur de Bahía, Brasil. *Turrialba*, Vol. 41, Nº. 2, pp. 135-141.

Damene S., Bahir A. and Villamor G.B., 2020. The Role of Chomo Grass (*Brachiaria humidicola*) and Exclosures in Restoring Soil Organic Matter, Total Nitrogen, and Associated Functions in Degraded Lands in Ethiopia. *Regional Environmental Change*, 20(3): 92.

Deminicis, B.B.; Duarte Vieira, H.; Da Silva, R.F.; Rodrigues De Abreu J. B; Do Carmo Araújo, S. A.; Jardim, J. G. 2010. Adubação nitrogenada, potássica e fosfatada na produção e germinação de sementes de capim quicuío-da Amazônia. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 32, nº 2 p. 059-065.

Diaz Filho, M.B. 1983. Limitações e potencial de *Brachiaria humidicola* para o trópico úmido brasileiro. Belém, EMBRAPA-CPATU, (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 20), 28 p.

Díaz, L.H.D y Sierra, P.J.O. 2004. Materiales de propagación y distancias de siembra en *Brachiaria humidicola* y *Brachiaria dictyoneura*. *Pasturas Tropicales*, Vol. 26, No. 2. pp. 48-54.

Dowdy, R.H., Smucker, A.J.M., M.S. Dolan, M.S., and J.C. Ferguson, J.C. 1998. Automated image analyses for separating plant roots from soil debris elutriated from soil cores. *Plant and Soil*. 200: 91–94, 1998.

Dübbern de Souza, Fco. H. 2001. Produção de sementes de gramíneas forrageiras tropicais. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 43 p.: 21. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documento, 30). ISSN 1518-4757.

Dübbern de Souza, Fco. H. 2006. Evolución de la industria de semillas de pastos tropicales en Brasil. X Seminario de Pastos y Forrajes. pp.157-164. Maracaibo, Venezuela.

Dübbern de Souza, Fco. H.; Peres, R. M.; Viana Coutinho Filho, J. L.; Justo, C. L. 2015. Manejo de campos de produção de sementes de *Urochloa humidicola* "Comum": II. Efeito de práticas culturais. B. Industr. Anim. Nova Odessa, v.72, n.3, p.209-220.

Dübbern de Souza, Fco. H.; Verzignassi, J. R.; Molinari Peres, R.; Coutinho Filho, J. L. V.; Justo, C. L. 2016. Produção comercial de sementes de *Brachiaria* (syn. *Urochloa*) humidicola no Brasil. Documentos 121. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 43 pp.

Dübbern de Souza, Fco. H. y Rayman, P. 1981. O emprego de colheitadeiras automotri- zes na colheita de sementes de plantas forrageiras tropicais. EMBRAPA Circular técnica No.6. 25 pp.

Egenolf K. and *et al.*, 2020. Brachialactone isomers and derivatives of *Brachiaria hu- midicola* reveal contrasting nitrification inhibiting activity. *Plant Physiology and Biochemis- try*, 154: 491-497.

Enriquez, Q. J. Fco.; Quero, A. R. C. y Garay, A. H. 2005. Rendimiento de semilla e índice de llenado de grano en diversos ecotipos de tres especies del género *Brachiaria*. *Téc. Pecu. México*. 43(2): 259-273.

Ezenwa I.V., Kalmbacher R.S., Arthington J.D. and Pate F.M., 2006. Creeping signalgrass versus Bahiagrass for cow and calf grazing. *Agronomy Journal*, 98(6): 1582-1588.

Fisher M.J. *et al.*, 1994. Carbon storage deep in the soil by introduced pastures in the South American savannas. *Nature*, 371: 236-238.

Fisher, M.J., Braz, S.P., dos Santos, R.S.M., Urquiaga, S., Alves, B.J.R., Boddey, R.M., 2007. Another dimension to grazing systems: Soil carbon. *Trop. Grassl.* 41, 65-83.

Fisher M.J., Ludlow M.M. 1984. Adaptation to water deficits in *Stylosanthes*. In: Stace H.M., Edye L.A. (Eds.) *The Biology and Agronomy of Stylosanthes*. Academic Press. Syd- ney, Australia. pp. 163-179.

Fisher, M.J., Kerridge, P.C. 1998. Agronomía y fisiología de las especies de *Brachiaria*. En Miles JW, Maass BL, do Valle CB (Eds.). *Brachiaria: Biología, Agronomía y Mejoramiento*. CIAT. Cali, Colombia. pp. 46-57.

Frank, A., Berdahl, J., Hanson, J., Liebig, M. and Johnson, A. 2004. Biomass and Carbon Partitioning in Switchgrass. *Crop Science* 44:1391-1396.

<http://crop.scijournals.org/cgi/reprint/44/4/1391>.

Fynn, R., Haynes, R., and O'Connor, T. 2003. Burning causes long-term changes in soil organic matter content of a South African grassland. *Soil Biology and Biochemistry* 35(5):677-687.

Galvão, F.E.; Lima, A.F. 1977. Capim quicuío da Amazonia (*Brachiaria humidicola*) e suas perspectivas no Estado de Goiás. Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária (EM-GOPA). Goiânia, BR. 27 p.

Geleto T.C. and Tulu M.B., 2020. Degraded land rehabilitation role of chomo grass (*Brachiaria humidicola*) and its socioeconomic importance; evidence from Western Ethiopia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 7(3): 2155.

Gichangi, E. M., Njarui, D. M.G., Ghimire, S. R., Gatheru, M. and Magiroi, K. W.N. 2016. Effects of cultivated *Brachiaria* grasses on soil aggregation and stability in the semi-arid tropics of Kenya. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, Vol. 19, núm.2, pp.205-217.

Guenni, O., Marín, D., Baruch, Z. 2002. Responses to drought of five *Brachiaria* species. I. Biomass production, leaf growth, root distribution, water use and forage quality. *Plant Soil*. 243: 229-241.

Guimarães, M.M.C.; Matsumoto, S.N.; Figueiredo, M.P.; Cruz, P.G; Araújo, G.,S. 2011. Estimativa da composição química do capim Braquiária cv. Marandú por meio de um clorofilômetro portátil. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias* 4(2):85-91. bit.ly/2Nsw3r3.

Herrero M. and et al., 2001. Measurements of physical strength and their relationship to the chemical composition of four species of *Brachiaria*. *Animal Feed Science and Technology*, 92: 149-158.

Hochholdinger, F., Woll, K., Sauer, M. and Feix, G. 2005. Functional genomic tools in support of the genetic analysis of root development in maize (*Zea mays* L.). *Maydica* 50:437-442.

Hopkinson, J. M. and Clifford, P. T. P. 1993. Mechanical harvesting and processing of temperate zone and tropical pasture seed. In: *International Grassland Congress, 17, Palmerston North, New Zealand*. Proceedings. Palmerston North: New Zealand Grassland Association, p.1815-1822.

Hopkinson, J. M. and English, B. H. 2005. Effects of severity of threshing damage on seed quality of Gatton panic (*Panicum maximum*). *Tropical Grasslands*, v.39, p.31-41.

Hopkinson, J. M., de Souza Fco., Diulgheroff, S., Ortiz, A. and Sánchez, M. 1996. Reproductive physiology, seed production, and seed quality of *Brachiaria*. In: Miles, J. W.; Maass, B. L.; Valle, C. B. *Brachiaria: biology, agronomy, and improvement*. Cali: CIAT/EMBRAPA, 1996. p.124-140. (CIAT Publication 259).

Hoyos, P., Molina, D. L. y Vera, R. R. 1997. Efecto de la fertilización en el rendimiento de semilla de *Brachiaria dictyoneura* cv. Llanero en la Altillanura colombiana. *Pasturas tropicales*, Vol. 19, No. 2. pp. 35 – 39.

Huot, C., Zhou, Y., Philp, J.N.M., Denton, M.D. 2020. Root depth development in tropical perennial forage grasses is related to root angle, root diameter and leaf area. *Plant Soil* 456, 145–158. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04701-2>

IPCC 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. J T Houghton, Y Ding, D J Griggs, M Noguer, P J van der Linden and D Xiaosu (editors). Cambridge University Press UK, 881 pp. http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/.

Jackson, M. B., Davies D.D., Lambers, H. (eds.), 1991. *Plant life under oxygen stress*. SPB Acad. Publ, The Hague.

Jank, J., Santos, M. F., do Valle, C. B., Barrios, S. C., Simeão, R. M. 2015. Increased animal production through the development of high-quality tropical forages. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. Volumen 23. Suplemento 1. Noviembre.

Jarujareet P., Nakkanong K., Luepromchai E. and Suttinun O., 2019. Bioaugmentation Coupled with Phytoremediation for the Removal of Phenolic Compounds and Color From Treated Palm Oil Mill Effluent. *Environmental Science and Pollution Research International*, 26(31): 32065-32079.

Karwat, H., Moreta, D., Arango, J. *et al.* 2017. Residual effect of BNI by *Brachiaria humidicola* pasture on nitrogen recovery and grain yield of subsequent maize. *Plant Soil* 420, 389–406. <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3381-z>

Karwat H. *et al.*, 2018. Low 15N abundance in shoot tissue of *Brachiaria humidicola* is an indicator of reduce N losses due to biological nitrification inhibition, (BNI). *Frontiers in Microbiology*, 9 (article 2383).

Keller-Grein, G., Maass. B. I., y Hanson, J. 1996. Natural variation in *Brachiaria* and existing germplasm collections. In: Miles, J. W.; Maass, B. L.; Valle, C. B. *Brachiaria: biology, agronomy, and improvement*. Cali: CIAT/EMBRAPA, 1996. p.16-39. (CIAT Publication 259).

Khan. E.I.A. and Mark, W.H. 1981. Some initial results of field trials conducted in establishing a pasture seed industry in Cojedes State. Venezuela. In: *International Grassland Congress 14*. Lexington. Kentucky, p. 429.

Kozlowski, T. T., 1984. *Flooding and Plant Growth*. Academic Press, pp. 356.

Laiton Medina, J. F. 2019. Evaluación de tres especies de *Brachiaria* spp, bajo métodos de pastoreo rotacional, en sabanas del piedemonte del municipio de Tame – Arauca - Colombia. Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del título de Magister en Sistemas Sostenibles de Salud Producción Animal Tropical. Universidad de los Llanos - Maestría Sistemas Sostenibles de Salud Producción Animal Tropical. 81 pp.

Laiton-Medina J.F. and *et al.*, 2021. Evaluación de tres especies de *Brachiaria* spp con pastoreo rotacional para cebs bovina. *Orinoquia*, 25(1): 15-23.

Lapointe, S. L. 1993. Manejo de dos plagas clave para forrajes de las sabanas neotropicales. *Pasturas Tropicales*. 15(3):1-9.

Lascano C. and Euclides V.P.B., 1996. Nutritional quality and animal production of *Brachiaria* pastures, *Brachiaria: Biology, agronomy, and improvement*. CIAT, Cali, pp. 106-123.

Laura, V. A.; Contreiras Rodrigues, A. P. D.; Arrabal Arias, E. R.; da Silva Chermouth, K.; Rossi, T. 2009. Qualidade física e fisiológica de sementes de braquiárias comercializadas em Campo Grande-MS. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, V. 33, n. 1, p. 326-332, jan./fev.

Ludlow M.M. 1989. Strategies of response to water stress. In: Kreeb K.H., Ritcher H., Hinckley T.M. (Eds.) *Structural and functional responses to environmental stresses: Water shortage*. SPB. La Haya, Holanda. pp. 269-281.

Ludlow, M.M., Chu A.C.P., Clements, R.J., Kerlake, R.G. 1983. Adaptation of species of *Centrosema* to water stress. *Aust. J. Plant Physiol.* 10: 119-130.

Martinez Méndez D. and *et al.*, 2008. Producción de forraje y componentes del rendimiento del pasto *Bachiaria humidicola* CIAT 6133 con diferente manejo de la defoliación. *Tec. Pecu Mex*, 46(4): 427-438.

Mislevy P. and Everett P.H., 1981. Subtropical grass species response to irrigation and harvest regimes. *Agronomy Journal*, 78: 601-604.

Molinari Peres, R.; Dübbern De Souza, Fco. H.; Viana Coutinho Filho, J.L.; Justo, C.L. 2010. Manejo de campos de produção de sementes de *Brachiaria humidicola* "Comum": Efeito de doses de nitrogênio. *B. Indústria anim.*, N. Odessa, v.67, n.1, p.27-34. 2010.

Moore K.J., Boote K.J. and Sanderson M.A., 2004. Physiology and developmental morphology. In: L.W. Moser, B.L. Burson and L. E. Sollenberger (Editors). *Warm-Season (C4) Grasses*. American Society of Agronomy, Madison, pp. 179-216.

Morejón Mesa, Y., Rodríguez Gago, Y., Matos Cervera, D. 2018. Foundations for Modeling and Designing a Solar Dryer for Forage Seeds. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Vol. 27, No. 3, E-ISSN: 2071-0054.

- Moreta D.E. and *et al.*, 2014. Biological nitrification inhibition (BNI) in Brachiaria pastures. A novel strategy to improve eco-efficiency of crop-livestock systems and to mitigate climate change. *Tropical Grasslands - Forrajes Tropicales*, 2: 88-91.
- Mucio Álvarez J.A., 2008. Producción de carne con novillas en praderas de Brachiaria brizantha, B. decumbens y B. dictyoneura, al final de la época de lluvias e inicio de la sequía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Muñoz, M. K. 1985. La Amazonía colombiana también tiene su pasto mejorado: Brachiaria humidicola INIAP-NAPO-701. *Pastos tropicales. Boletín informativo* 7(1): 3.
- Nehring, P. 1976. As duas braquiarias eleitas para o Alto Sorocabana. *C. agrop. São Paulo*, (302):7, p. 7.
- Neves, O.S.C.; Carvalho J.G de; Martins F.A.D.; Pádua, T.R.P.; Pinho P.J. 2005. Uso do SPAD 502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoneiro herbáceo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40(5): 71–87. doi: 10.1590/S0100-204X200500 0500014.
- Nguyen, C. 2003. Rhizodeposition of organic C by plants: mechanisms and controls. *Agro-nomie* 23:375– 396.
- Ochoa, S. A., de la Vega, G.E. y Moorillón, G. V. N. 2015. Amonio-oxidasas bacterianas y arqueales involucradas en el ciclo del nitrógeno. *Terra Latinoamericana*.33: 233-245.
- Okonofua E.S., Babatola J.O. and Ojuri O., 2019. Field pilot study on the assessment of selected hydrocarbon remediation techniques. *Journal of Civil Engineering, Science and Technology*, 10(2): 121-134.
- Olaya-Montes, A., M. P. Llanos-Cabrera, M. R. Cherubin, W. Herrera-Valencia, F. A. Ortiz-Morea, and A. M. Silva-Olaya. 2020. Restoring soil carbon and chemical properties through silvopastoral adoption in the Colombian Amazon region. *Land Degradation & Development*. Volume 32, Issue13, pp. 3731-3742.
- Pardo Barbosa O. y Pérez López O., 2010. Alternativas forrajeras para los Llanos Orientales de Colombia. In: A. Rincón Castillo and C.A. Jaramillo Salazar (Editores). *Establecimiento, manejo y utilización de recursos forrajeros en sistemas ganaderos de suelos ácidos*. CORPOICA, Villavicencio.
- Pardo, O.; Pérez, O. 2010. Alternativas forrajeras para los Llanos Orientales de Colombia. En: Rincón A; Jaramillo CA, eds. *Establecimiento, manejo y utilización de recursos forrajeros en sistemas ganaderos de suelos ácidos*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Corpoica, Villavicencio, Meta, Colombia. p. 27–73. hdl.handle.net/20.500.12324/12703.
- Parsons A.J. and Chapman D.F., 2000. The principles of pasture growth and utilization. In: A. Hopkins (Editor), *Grass. Its production & utilization*. Blackwell Science, pp. 31-89.

- Parra Orozco, A. 1992. *Uromyces setariae-italicae* Yoshino en *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickerdt: Su etiología, dinámica de población y su efecto sobre el rendimiento. Ing. Agr. tesis. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia. 81 p.
- Pastrana I., Reza S., Espinosa, Suárez E. and Díaz E., 2011. Efecto de la fertilización nitrogenada en la dinámica del óxido nitroso y metano en *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickerdt. *Revista Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(2): 134-142.
- Pereira J.M. *et al.*, 2009. Productivity of *Brachiaria humidicola* pastures in the Atlantic frost region of Brazil as affected by stocking rate and the presence of a forage legume. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 83: 179-196.
- Peres, R. M; Dübbern de Souza, Fco. H.; Justo, C.L. Viana Coutinho Filho, J. L. 2012. Produção de sementes do capim *Brachiaria humidicola*: uma alternativa para a agricultura familiar. *Pesquisa & Tecnologia*, vol. 9, n. 2, Jul-Dez. 5pp.
- Peres, R.M.; Souza. F.H.D.; Coutinho filho, J.L.V.; Justo, C.L. 2010. Manejo de campos de produção de sementes de *Brachiaria humidicola* "Comum": I. Efeito de doses de nitrogênio. *Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa*, v.67, n.1, p.27-34.
- Pérez Bonna, R. y Lascano, C. E. 1992. Pasto Humidicola (*Brachiaria humidicola*) Rendle Schweickl. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Boletín técnico No. 181. 20 p.
- Pizarro, E. A., do Valle C.B., Keller-Grein G., Schultze-Kraft R., Zimmer A.H. 1998. Experiencia regional con *Brachiaria*: Región de América Tropical - Sabanas. En: Miles J.W., Maass B.L., do Valle C.B. (Eds). *Brachiaria: Biología, Agronomía y Mejoramiento*. CIAT. Cali, Colombia. pp. 247-269.
- Pizarro, E. A. and Hare, M. D. 2014. *Brachiaria* hybrids: new forage alternatives. <http://www.pasturasdeamerica.com/articulos-interes/notas-tecnicas/brachiaria-hybrids-new-forage-alternatives>
- Quinquim Magiero, J.; Rossiello, R.; Rodrigues de Abreu, J. B y Rodrigues Alves, B.J. 2006. Adubação nitrogenada e potássica em pastagem de *Brachiaria humidicola* em Planossolo da Baixada Fluminense. *Pasturas Tropicales*, Vol. 28, No. 3.
- Ramírez, B. L, Ramírez H. F. y Suárez J. C. 2009. Captura de carbono y desarrollo radicular de sistemas de uso del suelo en la Amazonia Colombiana. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 21:6.5p. Article #91. Retrieved October 5, 2021, from: <http://www.lrrd.org/lrrd21/6/rami21091.htm>.
- Ramírez-Restrepo C.A. and Vera R., 2019. Body weight performance, estimated carcass traits and methane emissions of beef cattle categories grazing *Andropogon gayanus*, *Melinis minutiflora* and *Stylosanthes capitata* mixed swards, and *Brachiaria humidicola* pasture. *Animal Production Science*, 59(4): 729-740.

- Rao I.M., 2021. Digging deeper to define the physiological responses to environmental stresses. The case of common beans and Brachiaria grasses. In: M. Pessaraki (Editor), *Handbook of Plant and Crop Physiology*. Routledge, pp. 1009-1140.
- Rao I.M., Plazas C. y Ricaurte J., 2001a. Root turnover and nutrient cycling in native and introduced pastures in the tropical savannas. In: W.J. Horst et al. (Editors), *Plant Nutrition. Food security and sustainability of agro-ecosystems through basic and applied research*. Kluwer, New York, pp. 976-977.
- Rao I.M., Rippstein G., Escobar, G. and Ricaurte J., 2001b. Producción de biomasa vegetal epigea e hipogea en las sabanas nativas. En: G. Rippstein, Escobar, G. and F. Motta (Editors), *Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los Llanos Orientales de Colombia*. CIAT/CIRAD, Cali, pp. 198-222.
- Rao, I., Miles, J. W., Beebe, S. E., Horst, W. J. 2016. Root adaptations to soils with low fertility and aluminium toxicity, *Annals of Botany*, Volume 118, Issue 4, October 2016, pp.593–605, <https://doi.org/10.1093/aob/mcw073>.
- Rayman, P. R. 1981. Problemas da produção de sementes de forrageiras tropicais. *Revista Brasileira de Sementes*, v.3, p.109-116.
- Rees, R., Bingham, I., Baddeley, J. and Watson, C. 2005. The role of plants and land management in sequestering soil carbon in temperate arable and grassland ecosystems. *Geoderma*128(1/2):130-154.
- Reynolds, S.G. 1978. Evaluation of pasture grasses under coconuts in western Samoa. *Tropical Grasslands* 12:146-151.
- Rincón A., 2005. Producción de carne bovina en praderas renovadas con Brachiaria brizantha cv. Marandu en el piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. *Revista CORPOICA*, 6(2): 28-37.
- Rincón A., 2007. Potencial productivo y aspectos fisiológicos de los pastos tropicales en la renovación de praderas bajo condiciones de suelos ácidos del piedemonte llanero, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 124 pp.
- Rincón A., 2014. Tecnologías para la intensificación de la producción pecuaria en sistemas integrados agrícolas-ganaderos y su aplicación en las sabanas ácidas. Presentación realizada por Corpoica, Colombia, durante la X Reunión de la CODEGALAC, Capítulo Cono Sur. 60 p.
- Rincón A., Flórez H., Ballesteros H. and León L.M., 2018. Efectos de la fertilización en la productividad de una pastura de Brachiaria humidicola cv. Llanero en el Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 6(3): 158-168.

- Rincón A., Ligarreto G.A. y Garay E., 2008. Producción de forraje en los pastos *Brachiaria decumbens* cv. Amargo y *Brachiaria brizantha* cv. Toledo sometidos a tres frecuencias y a dos intensidades de defoliación en condiciones del piedemonte llanero colombiano. *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 61(1): 4336-4346.
- Rincón C., Alvaro, 2011. Efecto de alturas de corte sobre la producción de forraje de *Brachiaria* sp. en el piedemonte llanero de Colombia. *Revista CORPOICA*, 12(2): 107-112.
- Rincón Castillo A., 2005. Producción de carne bovina en praderas renovadas con *Brachiaria brizantha* cv. Marandu en el piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. *Revista CORPOICA*, 6(2): 28-36.
- Rincón, A. 1995. Producción de semilla de *Brachiaria dicyoneura* y *Brachiaria brizantha* en las sabanas bien drenadas de los Llanos Orientales de Colombia. *Pasturas tropicales*, Vol. 17, No. 3, pp. 41- 43.
- Rincón, A. C., De León, M. A., Pardo, O. B., Amaya, M. A., y Díaz Giraldo, R.A. 2019. Estimación de la concentración de clorofila y su relación con la concentración de proteína cruda en tres especies del pasto *Urochloa* en el Piedemonte Llanero, Colombia. *Tropical Grasslands - Forrajes Tropicales* Vol. 7(5):533–537.
- Rincón, A.; Flórez, H.; Ballesteros, H.; León, L. M. 2018. Efectos de la fertilización en la productividad de una pastura de *Brachiaria humidicola* cv. Llanero en el Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. *Tropical Grasslands - Forrajes Tropicales*. Vol.6(3):158–168.
- Roberts, O. T. 1970. A review of pastures species in Fiji. 1. Grasses. *Tropical Grasslands* 4:129-137.
- Rocha Mecelis, N. y Schammass, E. A. B. Produção de sementes de *Brachiaria humidicola*. 1988. Época de colheita e adubação nitrogenada. *Indústr. anim. Nova Odessa, SP*. 45 (2): 359-370. Jul./Dez.
- Rodríguez Gagol, Y., Mesa, M. 2020. Design and Simulation of a Solar Dryer for Botanical Seeds of Grass and Forage. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. ISSN -1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, Vol. 29. No.1 (January-February-March, pp. 26-36.
- Rossiello, R.O.P, Araújo A. P., Manzatto, C.V. e Fernandes, M. S. 1995. Comparação dos métodos fotoelétricos e da interseção na determinação de área, comprimento e raio médio radicular. *Pesq. agropec. Bras., Brasília*, v. 30, n.5, p.633-638, maio.
- Ruiz, R. I., Sánchez, M. S. y Keller-Grein, G. 1996. Rendimiento y calidad fisiológica de la semilla de *Brachiaria* spp. en los Llanos colombianos. *Acta Agron. Vol. 46 - N° 1/4 Enero – Diciembre*. pp.23 29.

Salinas, J.G. y Delgadillo, G. 1980. Respuesta diferencial de ocho gramíneas forrajeras al estrés de Al y P en un Oxisol de Carimagua, Colombia. In: Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, VII, Heredia, Costa Rica. 19 p.

Salinas, J.G. y Gualdrón, R. 1982. Adaptación y requerimientos de fertilización de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt en la altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. 21 p.

Salisbury, F.B.; Ross, C.W. 1994. Fisiología vegetal. 4a Edn. Grupo Editorial Iberoamérica, México D.F.

Scurlock, J., M. O. and Hall, D. O. 1998. The global carbon sink: a grassland perspective. *Global Change Biology*. 4, 229–233.

Sierra, P. J. O. 1994. Las braquiarias: una alternativa para la ganadería tropical. Federación Antioqueña de Ganaderos (Fadegan). Comité de ganaderos de la Dorada. 11 p. (manuscrito).

Silva, D.S.M. e Dias-Filho, M.B. 2001. Banco de sementes de plantas daninhas em solo cultivado com pastagens de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria humidicola* de diferentes idades. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v.19, n.2, p.179-185, 2001.

Silva, R.V.M.M.; Rossiello, R.O.P.; Barbieri Júnior E.; Morenz, M.J.F. 2009. Relação entre o acúmulo foliar de nitrogênio e leituras de um clorofilômetro, no capim Tifton 85. Anais do XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, São José dos Campos, SP, Brasil, 16–17 outubro 2009. bit.ly/2WI8oaB.

Simão Neto, M. e Serrão, E.A.S. 1974. Capim quicuío da Amazônia (*Brachiaria sp.*). B.Tec. IPEAN, Belém, (58) :1-17.

Souza, F. H. D. e Silveira, G. C. 2006. A palhada residual da produção de sementes de capins tropicais no Brasil. In: SOUZA, F. H. D. *et al.* Usos alternativos da palhada residual da produção de sementes para pastagens. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, p.13-28.

Souza, F. H. D. y Rayman, P. R. 1988. O emprego de colheitadeiras automotrizes na colheita de sementes de plantas forrageiras tropicais. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 25 p. (Circular Técnica No. 6).

Subbarao G.V; Nakahara K; Hurtado M.P; Ono H; Moreta D.E; Salcedo A.F; Yoshihashi A.T; Ishikawa T; Ishitani M; Ohnishi-Kameyama M; Yoshida M; Rondón M; Rao I.M; Lascano C.E; Berry W.L; Ito, O. 2009. Evidence for biological nitrification inhibition in *Brachiaria* pastures. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106:17302–17307.

Stahl C. et al., 2016a. Continuous soil carbon storage of old permanent pastures in Amazonia. *Global Change Biology*, doi: 10.1111/gcb.135.

Stahl C. et al., 2016b. Soil carbon stocks after conversion of Amazonian tropical forest to grazed pasture: importance of deep soil layers. *Regional Environmental Change*, 16: 2059-2069.

S'Thiago, L.L., Morae S.D.S., Nicodemo M.L.F., Rosa I.V. and Broring N., 2000. Efeito do fósforo suplementar sobre o desempenho reprodutivo de vacas de corte em pastagem de *Brachiaria humidicola*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 35(2): 449-456.

Subbarao G. and *et al.*, 2015. Suppression of soil nitrification by plants. *Plant Science*, 233: 155-164.

Subbarao, G.V; Rondon, M; Ito, O; Ishikawa T; Rao I.M; Nakahara, K.; Lascano, C; Berry, W.L. 2007. Biological nitrification inhibition (BNI) – is it a widespread phenomenon? *Plant Soil* 294:5–18.

Subbarao, G.V; Sahrawat, K., L; Nakahara, K; Ishikawa, T; Kishii, M; Rao, I.M; Hash, C.T; George, T.S; Srinivasa, Rao, P; Nardi, P; Bonnett, D; Berry, W; Suenaga, K; Lata, J.C. 2012. Biological nitrification inhibition – A novel strategy to regulate nitrification in agricultural systems. *Advances in Agronomy* 114:249–302.

Sylvester-Bradley R., Mosquera D. and Mendez J.E., 1988. Inhibition of nitrate accumulation in tropical grassland soils: Effects of nitrogen fertilization and soil disturbance. *Journal of Soil Science*, 39: 407-416.

Tarré R. *et al.*, 2001. The effect of the presence of a forage legume on nitrogen and carbon levels in soils under *Brachiaria* pastures in the Atlantic Forest region of the South of Bahia, Brazil. *Plant and Soil* (234): 15-26.

Teixeira Neto, J. F.; Lourenço Jr. J. B.; Couto, W. S.; Camarão, A. P. e Moraes, M.P.S. 1999. Proteína bruta e teores de minerais em *Brachiaria humidicola* na Ilha de Marajó, Pará, Brasil. *Pastruras Tropicales*, Vol. 21, N° 3, p. 49-53.

Teixeira, R. N. e Verzignassi, J. R. 2010. Colheita de sementes de *Brachiaria humidicola* pelo método da sucção. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2010. (Comunicado Técnico, 117). 7pp.

Tergas, L.E.; Paladines, O. y Kleinheisterkamp, I. 1982. Productividad animal y manejo de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickert en la altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia. Cali, CIAT, 1982. 14p.

Thinnakom, S. and Kreethapon, I. 1993. Demonstration trial on suitable backyard pasture utilization for small dairy farms in Pak Chong. In: Chen, C. P. and Satjipanon, C. (eds.). *Strategies for suitable forage-based livestock production in Southeast Asia: proceedings of the third meeting, FAO Regional Working Group on Grazing and Feed Resources of Southeast Asia, Khon Kaen, Thailand, 31 January-6 February 1993*. FAO, Rome, Italy. p. 59-62.

- Thomas R. and Asakawa N., 1993. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. *Soil Biol Biochem*, 25: 1351-1361.
- Thorne, M. and Frank, D. 2009. The effects of clipping and soil moisture on leaf and root morphology and root respiration in two temperate and two tropical grasses. *Plant Ecology*. 200(2):205–215.
- Tosello, J. y Atalla, I.M.P. 1977. Sem dormência as sementes de "Brachiaria humidicola". *C. Agropec. São Paulo*, (322):6.
- Tosello, J. y Atalla, I.M.P. 1978. Observações sobre suas espécies de Brachiaria, Brachiaria decumbens e B. humidicola, em condições de laboratório. Campinas, CATI. 3p. (CATI. Comunicado Técnico, 6).
- Tracy, S. R., Nagel, K. A., Postma, J. A., Fassbender, H., Wasson, A. and Michelle Watt, M. 2020. Crop improvement from Phenotyping Roots: Highlights Reveal Expanding Opportunities. *Trends in Plant Science*, January, Vol. 25, No. 1 p.105-118.
- Trujillo W., Fisher M.J. and Lal R., 2006. Root dynamics of native savanna and introduced pastures in the Eastern Plains of Colombia. *Soil & Tillage Research*, 87(1): 28-38.
- van Noordwijk, M., de Ruiter, P.C., Zwart, K.B., Bloem, J., Moore, J.C., van Faassen, H.G. and Burgers, S.L.G.E. 1993. Synlocation of biological activity, roots, cracks and recent organic inputs in a sugar beet field. *Geoderma*, Volume 56, Issues 1–4, 15 March, pp. 265-276.
- Vera R.R., Ramírez C.A. and Ayala H., 1993. Reproduction in continuously underfed Brahman cows. *Animal Production*, 57(02): 193-198.
- Vera R.R., Ramírez C.A. and Velásquez N., 2002. Growth patterns and reproductive performance of grazing cows in a tropical environment. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 10(1): 14-19.
- Vera-Infanzón R.R. and Ramírez-Restrepo C.A., 2020. Long term beef production in extensive cow-calf systems in the tropical savannas of eastern Colombia. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 67(1): 42-59.
- Vigna B.B. et al., 2016a. Evidence of Allopolyploidy in *Urochloa humidicola* Based on Cytological Analysis and Genetic Linkage Mapping. *PLoS One*, 11(4).
- Vigna B.B. et al., 2016b. Leaf transcriptome of two highly divergent genotypes of *Urochloa humidicola* (Poaceae), a tropical polyploid forage grass adapted to acidic soils and temporary flooding areas. *BMC Genomics*, 17(1): 910.
- Visser E, J.W. 1997. Ethylene accumulation in waterlogged *Rumex* plants promotes formation of adventitious roots. *J. Exp. Bot.* Vol. 47, nº 296, pp. 403-410.

Wassenaar, T., Gerbera, P., Verburg, P., Rosales, M., Ibrahim, M. and Steinfeld, H. 2007. Projecting land use changes in the Neotropics: The geography of pasture expansion into forest. *Global Environmental Change* 17(1):86-104.

Wedin, 2004. C4 grasses: Resource, use, ecology, and global change. In: L.W. Moser, B.L. Burson and L.E. Sollenberger (Editors), *Warm-Season (C4) Grasses*. American Society of Agronomy, Madison, pp. 1-14.

Wenz, P., Arango, A., Chaves, A., Buitrago, M., Patiño, G., Miles, J. and Rao, I. 2006. A Greenhouse Method to Screen Brachiariagrass Genotypes for Aluminum Resistance and RootVigor. *Crop Science* 46:968–973. <http://crop.scijournals.org/cgi/content/abstract/46/2/968>

Wise, M. J, and Abrahamson, W. G, 2007. Effects of resource availability on tolerance of herbivory: a review and assessment of three opposing models. *The American Naturalist*, 169(4): 443–454.

Wood, S., Sebastian, K., and Scherr, S. 2000. Pilot analysis of global ecosystems: Agroecosystems. IFPRI (International Food Policy Research Institute) and WRI (World Resources Institute), Washington, DC, USA.

Zavala-Cruz J. *et al.*, 2005. Derrames de Petróleo en suelos y adaptación de pastos tropicales en el Activo Cinco Presidentes, Tabasco, México. *Terra Latinoamericana*, 23(3): 293-302.

Zhiping, Q., Rao, I., Ricaurte, J., Amézquita, E., Sanz, J. and Kerridge, P. C. 2004. Root distribution and nutrient uptake in crop-forage systems on Andean hillsides. *Journal of Sustainable Agriculture*. 23(4). 39-50.

Zotarelli, L.; Cardoso, E.G.; Piccinin, J.L.; Urquiaga. S.; Boddey, R.M.; Torres E.; Alves, B.J.R. 2003. Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38:1117–1122. doi: 10.1590/S0100-204X2003000900014.

Zuazo, P. 2021. [Jornal Dia de Campo](http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/secoes/Newsletter.asp?data=22/04/2010). <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/secoes/Newsletter.asp?data=22/04/2010>.