OPEN ACCESS

ARTÍCULO ORIGINAL

UNAH UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA HABANA

Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 35
enero-diciembre 2026
ISSN 1010-2760, eISSN 2071-0054
Cu-ID: https://cu-id.com/2177/v35e25

Análisis comparativo de la tracción animal y tractores en labores agrícolas: eficiencia y costos

A comparative analysis among tractors and animal traction in agriculture: efficiency and costs

Arcadio Ríos Hernández*

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba. Teléf. 5 449 2622.

*Author for correspondence: Arcadio Ríos Hernández, e-mail: arcadiorh1938@gmail.com

RESUMEN: La tracción animal es una tecnología de vital importancia en el mundo para las labores agrícolas y el transporte de productos y personas, especialmente en los países en desarrollo, pero en Cuba son aún insuficientes los conocimientos sobre su relevancia y posibilidades. Con el objetivo de analizar los aspectos más importantes en el uso de animales de trabajo y divulgar sus ventajas se realizó un estudio en el cual mediante una revisión bibliográfica exhaustiva se analizó la existencia de animales de trabajo en el mundo, las posibilidades energéticas de cada especie, la comparación entre animales solos, yuntas y tractores, Como resultados se determinó que en el mundo se usan en el trabajo unos 246 millones de bóvidos y 116 millones de équidos, mientras que en Cuba hay 365 000 bueyes y 300 000 caballos. Se hizo un análisis comparativo de costos y se determinó que los animales tienen menor costo de operación en fincas de menos de 10-15 ha respecto al tractor. Se exponen las posibilidades y dificultades en el uso de animales en la agricultura.
Palabras clave: agricultura a pequeña escala, animales de trabajo, protección medioambiental, ahorro de energía, comparación económica.

ABSTRACT: Animal traction is a vital technology worldwide for agricultural work and the transport of goods and people, especially in developing countries, but in Cuba, knowledge of its relevance and potential remains insufficient. To analyze the most important aspects of using working animals and disseminate their advantages, a study was conducted. This study involved a comprehensive literature review to analyze the global population of working animals, the energy capabilities of each species, and a comparison between individual animals, teams of oxen, and tractors. The results showed that approximately 246 million bovines and 116 million equines are used for work worldwide, while Cuba has 365,000 oxen and 300,000 horses. A comparative cost analysis determined that animals have lower operating costs on farms smaller than 10-15 hectares compared to tractors. The possibilities and challenges of using animals in agriculture are discussed.
Keywords: Artificial Intelligence (AI), Non-Destructive Sensors and Measuring Instruments, Traceability, Post-Harvest Handling.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la tracción animal es una tecnología de vital importancia para las labores agrícolas y el transporte de productos y personas, especialmente en los países en desarrollo, pero en Cuba y otros países en desarrollo son aún insuficientes los conocimientos sobre su relevancia y posibilidades. En las condiciones actuales de Cuba existen grandes limitaciones en la disponibilidad de combustible, lubricantes y piezas de repuesto para las máquinas agrícolas.

En este aspecto se hace necesario potenciar el uso de animales de trabajo, reconocer su importancia y divulgar sus posibilidades. A pesar de su importancia, existe una falta de análisis comparativo detallado sobre la eficiencia económica y operativa de la tracción animal frente a la mecanización en contextos específicos como el cubano.

Por ello el Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola acometió la tarea de realizar un estudio los aspectos más importantes en el uso de animales de trabajo, teniendo en cuenta la existencia de animales de trabajo en el mundo, las posibilidades energéticas de cada especie, y hacer la comparación entre animales solos, yuntas y tractores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la recopilación y análisis de la información el procedimiento metodológico comprendió una revisión bibliográfica exhaustiva mediante búsquedas en sitios de Internet y se recopiló también información sobre el tema en artículos publicados, trabajos presentados en eventos científicos, informes de investigaciones, leyes, resoluciones, políticas institucionales, etc., sobre el empleo de animales en la agricultura.

Recibido: 15/01/2026
Aceptado: 05/05/2026
Conflicto de intereses: El autor de este trabajo declara no presentar conflicto de intereses.
La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por el autor ni por el editor.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

Se analizó el uso de animales de trabajo en Cuba y en el mundo. Se realizó un análisis comparativo de costos y posibilidades traccionales entre tractores y animales de tiro, se determinaron los aspectos económicos de la tracción animal y se hizo una comparación entre un animal solo y una yunta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Uso de animales de trabajo en Cuba y en el mundo

Existen cifras globales y por países sobre la población de animales de trabajo, pero es importante señalar que los datos presentan limitaciones. La información más fiable proviene de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), aunque sus estimaciones pueden variar debido a la falta de censos actualizados en muchos países. Este organismo estima que en el mundo unos 246 millones de bóvidos (bueyes, búfalos, etc., son utilizados para trabajo. Además, hay alrededor de 116 millones de équidos (60 millones de caballos, 50 millones de burros y 6 millones de mulos). De estos, aproximadamente 112 millones se encuentran en países en vías de desarrollo. Las cifras para los camellos son más variables, estimándose el empleo de entre 19 y 40 millones de ejemplares. Se calcula que en Cuba existen unos 365 000 bueyes (182 500 yuntas), 300 000 caballos y unos 30 000 mulos.

En algunos países los caballos se usan principalmente para el transporte de personas y productos, pero, sobre todo en Europa hay también alguna tradición de utilizarlos en labores agrícolas, En Estados Unidos hay ~10,3 millones de caballos, en México ~6,4 millones, Brasil ~5,8 millones, Mongolia ~4,3 millones, China ~3,7 millones. En la India se emplean ~1,5 millones de bueyes y búfalos para labranza y en América Latina es común el uso de bueyes de trabajo en la agricultura (FAO, 2023).

Una cuestión significativa es que algunos estudios han demostrado las posibilidades de uso de las vacas lecheras para labores agrícolas. Zerbini *et al.* (1999), demostraron que la producción de leche de vacas que trabajaban fue solo un 10% menor que la de las que no trabajaban. El índice de productividad de las vacas con suplementos nutricionales fue mayor (0,38) que el de las no suplementadas (0,24). La relación beneficio/costo incremental de tener vacas suplementadas trabajando fue de aproximadamente 3,5, con una tasa interna de retorno del 78%.

Análisis comparativo entre tractores y animales de tiro

Comparar una yunta de bueyes o un caballo con un tractor implica evaluar costos de inversión, mantenimiento, combustible, vida útil y adecuación al terreno. Las ventajas económicas de la yunta de bueyes, asumiendo su empleo en la agricultura a pequeña o mediana escala, se resumen en un bajo costo de adquisición, pues un par de bueyes entrenados cuesta mucho menos que cualquier tractor nuevo o usado en buen estado. Se sustituye el uso de combustibles fósiles o electricidad, pues para los bueyes el único "combustible" es pasto, forraje o rastrojos, a menudo producidos en la misma finca. Los tractores necesitan un continuo mantenimiento: motor, neumáticos, aceites, filtros, etc., mientras que los animales de trabajo solo requieren de cuidados veterinarios y los équidos de herraje ocasional. Al final de su vida, los bueyes tienen valor como carne y cuero. Un tractor necesita una infraestructura costosa: taller, repuestos importados, electricidad. Los animales producen una menor compactación del suelo, ahorrando gastos futuros de subsolado o enmiendas (Pimentel *et al.*, 2007).

Sin embargo, el tractor tiene una mayor productividad por hora, pues puede arar entre 5 y 10 veces más superficie por día que una yunta, por lo que tiene menor costo de operación por hectárea a partir de 10-15 ha cultivables. Con las máquinas e implementos el tractor hace tareas que los bueyes no pueden o tardarían mucho más. Un tractorista reemplaza a dos o tres obreros y el tractor puede trabajar 12-16 horas seguidas si es necesario, mientras que una yunta no debe emplearse más de 4 horas, y eso en horarios de poco calor.

La capacidad real de una yunta depende de varias variables, y principalmente del hecho de que la fuerza de tiro en movimiento suele ser entre el 10 % y el 14% del peso vivo de los animales. Un buey adulto pesa entre 500 kg y 700 kg, por lo que, si tomamos un valor medio de 600 kg, una yunta (dos bueyes) de 1 200 kg puede generar una fuerza estable de unos 140 kg-f (1,4 kN) en condiciones de trabajo estable, pudiendo alcanzar picos de hasta 222 kg-f (2,18 kN) al arrancar o en terrenos difíciles. Para poner en movimiento una carga pesada (como una carreta o un arado muy hundido), la fuerza de arranque puede llegar hasta el 95% de su peso (más de 1.000 kg-f), aunque solo por unos segundos.

También hay que considerar el tipo de labor: Un arado tradicional puede requerir fuerzas entre 85 kg-f y 218 kg-f, dependiendo de la dureza del suelo y de las maniobras del boyero. Esta fuerza permite realizar tareas muy pesadas que serían imposibles para un humano o un animal. Con varias yuntas pueden moverse carretas con capacidad de carga de hasta 6 t, y esta era la práctica común en la cosecha de caña (aunque en terreno plano). La tracción animal tiene ventajas respecto al tractor en terrenos blandos o fangosos, y son capaces de trabajar en pendientes de hasta el 45% (FAO, 2023).

Se han realizado pruebas para medir la capacidad de tiro de los caballos. Dos caballos generaron una fuerza de tiro media de 17,3 N, avanzando a 1 m/s y desarrollando una potencia media de 0.86 kW por caballo. Algunos estudios mostraron que los camellos pueden tirar cargas máximas de 5620 N con carreta y 2490 N con trineo (entre 119-143% de su peso corporal) con velocidades constantes (Bobobee, 2007).

Comparación entre una yunta y un animal solo

Se procedió a la comparación entre un buey y un caballo y entre un animal solo y una yunta. Comparar un buey con un caballo desde la perspectiva económica implica evaluar costo de adquisición, mantenimiento, versatilidad y vida útil. Un buey ejerce una fuerza similar a la de un caballo de tiro robusto (aprox. 70 kg-f). Aunque el caballo es más rápido (un 50% más de velocidad), el buey puede tirar de cargas más pesadas durante más tiempo sin descanso.

Los bueyes no necesitan herraduras y requieren menos gastos veterinarios que los caballos, pues tienen más resistencia a las enfermedades. El caballo necesita menos superficie que un buey para pastar.

Los bueyes se utilizan casi exclusivamente en yuntas, pero los estudios demuestran que es generalmente para las mismas labores hay posibilidades y ventajas económicas en trabajar con un solo animal, considerando que con la yunta se desperdicia una parte sustancial de la fuerza de tracción y un animal solo es mucho más maniobrable para el boyero, especialmente en los virajes en parcelas pequeñas y en zonas montañosas o con obstáculos. Un buey solo es conveniente para labores de surcado, cultivo, tiro de un carretón y labores similares de poca fuerza traccional, mientras que una yunta es más conveniente en labores de roturación del suelo, gradeo y tiro de carretas de más 2 t.

Problemática del uso de la tracción animal

En países en desarrollo, la tracción animal cubre el 23% de las necesidades energéticas agrícolas, mientras que la fuerza humana representa el 71% y la motorizada solo el 6% (FAO, 2023). En estos países el uso de animales sigue siendo una fuente energética crucial para la agricultura, pero en algunas regiones, especialmente en África, por lo general hay un limitado conocimiento sobre el trabajo con bueyes y caballos). Algo similar ocurre en Latinoamérica. En Brasil, la fuerza animal cubre el 30% de las necesidades, la humana el 60 % y la motorizada el 10% (Ríos, 2020).

En Cuba el uso de la tracción animal siempre ha sido fundamental, incluso en períodos de grandes disponibilidades de tractores y combustibles. Sin embargo, se presentan limitantes, especialmente en cuanto a la disponibilidad de animales, la preferencia por los tractores y la protección contra robos. Un estudio de la Universidad de Ciego de Ávila describe los sistemas de tracción animal, señalando su importancia y limitaciones, como el robo de animales y la alta dependencia de insumos importados (implementos, materiales para los arreos, medicinas). Los bueyes son empleados en una amplia variedad de funciones en las granjas, mientras los caballos son particularmente importantes para el transporte rural y urbano (Pérez, 2000).

En las zonas montañosas los animales de trabajo a veces son imprescindibles; los bueyes para labores agrícolas y los mulos para transporte de productos. Pimentel *et al.* (2007) y Pereira (2024), evaluaron la eficiencia energética y la factibilidad económica de usar animales para tirar implementos de labranza en las condiciones de montaña, demostrando que es una alternativa renovable y viable. El estudio demuestra la necesidad de mejorar la formación de los conjuntos (animal-arreo-arado) para garantizar su eficiencia energética.

Otra investigación comparó el desempeño de tres implementos de tracción animal (arado y dos tipos de cultivadores) en el cultivo del frijol en una cooperativa de la provincia de Granma, midiendo su productividad y eficiencia. La mayor profundidad de trabajo (17,50 cm) se logró con el arado; el mayor ancho de trabajo (92 cm) con el cultivador de cinco órganos, y la mayor velocidad (2,80 km/h) con la de tres (Olivet *et al.*, 2020).

Vargas *et al.* (2017), hicieron una comparación económica y energética entre un tractor y una yunta de bueyes en el cultivo del frijol, cuantificando la diferencia en productividad y costos operativos en un suelo Ferralítico rojo. La yunta de bueyes tuvo una productividad 4,23 veces menor que el tractor, pero los tractores de pequeña potencia resultaron ser hasta un 48% más baratos y un 58% más eficiente energéticamente que la yunta.

Suárez *et al.* (2005) realizaron un estudio comparativo sobre las ventajas del uso de la tracción animal en vez de tractores en dependencia de factores como el tamaño de las fincas y las condiciones económicas. Los resultados indican que la tracción animal es una opción especialmente viable en fincas de pequeñas dimensiones (menores a 18,8 ha) y para labores de cultivo. El estudio subraya que, aunque la tracción mecanizada es imprescindible y más económica en ciertas condiciones, la tracción animal sigue siendo una alternativa relevante.

Un aspecto muy importante es la disponibilidad de alimento para los animales de trabajo. En muchos países la jornada laboral promedio en las labores agrícolas es de 3 horas por sesión, pero por lo regular se viola el bienestar animal, como la falta de agua e insuficiente alimentación suplementaria ya que el área promedio de barbecho por agricultor es de solo 0,46 acres por animal, lo que resulta insuficiente.

En África se usa poco la tracción animal, basándose en el trabajo manual de los obreros, por lo cual desde hace muchos años se hacen esfuerzos para promover el uso de animales de trabajo, para lo cual hay que vencer costumbres ancestrales. Un ejemplo de ello lo tenemos en un trabajo realizado por Williams (1997), en el que demostró que con el uso de la tracción animal en Níger se incrementaban los rendimientos de sorgo y maíz en un 12-15%, y el retorno de la inversión varió desde -4 % a 18% en la zona seca y del 14% al 58% en la zona húmeda. En la zona húmeda, se redujo el trabajo humano en 50 horas-hombre por hectárea.

Los animales pueden usarse también para otras labores no tradicionales como la siembra y la protección fitosanitaria. Bagnall *et al.* (2016), diseñó y probó una sembradora de tracción animal para agricultura de conservación en África. La sembradora mostró un tiro promedio de 796 N, lo suficientemente bajo para ser tirada durante 8 horas por una yunta de bueyes. La profundidad de siembra deseada de 2 cm para granos de caupí se logró con una desviación del 25% y el espaciamiento entre semillas de 10 cm se logró con una desviación del 50%. En Cuba en el Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola se diseñó y se probó una sembradora de tracción animal, con resultados y características similares.

Nunes *et al.* (2023), exploraron el uso innovador de la tracción animal en la actividad forestal para la extracción de madera en zonas de difícil acceso para la maquinaria pesada, destacando el potencial de los animales de trabajo para crear cadenas de valor locales económicas y eficientes.

Sobre todo, en África, es importante destacar la importancia de sustituir las labores manuales por el uso de la tracción animal. Un estudio en Zambia demostró que preparar una hectárea de tierra con un "*ripper*" (arado surcador) requiere solo 4 horas, en lugar de tres días completos. Turay *et al.* (2022) demostraron que un par de bueyes ara 1,4 acres en 5,1 horas. Los bueyes trabajan una media de 5,2 días a la semana y 5,3 meses al año.

El trabajo de muchos organismos internacionales e institutos de investigación ha sido intenso en la promoción del uso de la tracción animal, y en especial en el desarrollo de arreos, implementos y tecnologías de cultivo mejoradas. Un papel importante lo ha jugado la Red de Tracción Animal de África Occidental (Atnesa), que realiza regularmente talleres simposios, exposiciones, promueve trabajos de campo e investigaciones y edita numerosas publicaciones sobre el tema (Starkey y Faye, 1990).

Aún en los países más desarrollados como Francia, EE.UU. y Alemania, entre otros, hay un renovado interés actual en la tracción animal, enmarcándolo dentro de la transición agroecológica. Esta práctica, casi extinta a mediados del siglo XX, está siendo reapropiada por movimientos alternativos y agricultores ecológicos que buscan reducir su dependencia de combustibles fósiles y mejorar la salud del suelo (Miara *et al.*, 2023).

La tracción animal tiene importantes ventajas en la protección medioambiental. Además del ahorro de combustibles, es muy importante en la protección del suelo y son numerosas las investigaciones sobre ese tema. Por ejemplo, García-Tomillo et al. (2017) realizaron una investigación para comparar el impacto del laboreo con tractor frente al realizado con bueyes y burros sobre la compactación del suelo en el noreste de Portugal. Los resultados preliminares mostraron que, aunque todos los métodos aumentan la densidad aparente del suelo, el aumento es significativamente menor con la tracción animal. El estudio reporta un aumento de la densidad aparente del suelo 0-5 cm de profundidad: 15% con tractor, frente al 8% con animales. La conductividad hidráulica saturada Ks se redujo al 33% con tractor, mientras que con vacas se mantuvo en un 83%.

Son muy numerosos los trabajos de desarrollo, de investigación y de promoción de medios mejorados para la tracción animal en el mundo. Por ejemplo, en la mejora en los arneses (yugos, colleras, arreos). Un estudio evaluó cómo el diseño del arnés afecta la fuerza de tracción y, en última instancia, la producción de sorgo. En Burkina Faso Barro *et al.* (2017) compararon un yugo mejorado para bueyes con uno tradicional, y una collera mejorada para burros con una clásica. El yugo mejorado proporcionó un 57% más de fuerza de tracción (8,3 N contra 5,3 N). En Cuba el IAgric ha desarrollado e investigado nuevas máquinas y arreos para la tracción animal: sembradora, multicultor, multiarado, asperjadora, yugo extensible, etc., todos con resultados satisfactorios y que amplían las posibilidades de uso de estas tecnologías (Ríos, 2020).

CONCLUSIONES

En el estudio se determinó el amplio uso de la tracción animal en el mundo, con una existencia estimada de unos 246 millones de bóvidos y 116 millones de équidos, mientras que en Cuba hay 365 000 bueyes y 300 000 caballos.

Se analizaron las ventajas en el uso de animales en la agricultura: menor costo de operación en fincas de menos de 10-15 ha respecto al tractor, las posibilidades de usar un solo buey en vez de una yunta, la existencia de nuevas máquinas y arneses mejoradas para tracción animal. Entre las dificultades se encuentran el robo de animales y la necesidad de disponer de alimento y agua suficientes.

RECOMENDACIONES

Intensificar las acciones para destacar la importancia del conocimiento y el apoyo en el uso de la tracción animal en Cuba, especialmente entre el personal dirigente y los estudiantes de agronomía y mecanización agrícola. Las futuras investigaciones en este tema podrían centrarse en la optimización de la nutrición animal para maximizar la productividad y el bienestar, así como en el desarrollo de implementos y arneses más eficientes para la tracción animal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAGNALL, G.C.; THOMASSON, J.A.; GE, Y.: "Animal-drawn conservation-tillage planter designed for small farms in the developing world", *Applied Engineering in Agriculture*, 32(6): 931-799, 2016.

BARRO, A.; KONDOMBO, C.P.; YELEMOU, B.: "Effects of oxen yoke and donkey collar on traction force and their consequences on sorghum production in the northern Burkina Faso", *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(2): 609-622, 2017, ISSN: 1997-342X.

BOBOBEE, E.Y.: *Performance analysis of draught animal-implement system to improve productivity and welfare*, Ed. Department of Biometry and Engineering, Swedish University of Agricultural …, 2007, ISBN: 91-576-7369-1.

FAO: *The Role, Impact and Welfare of Working Animals (Traction and Transport)*, Inst. FAO, Institutional report, Rome, Italy, 2023.

GARCÍA-TOMILLO, A.; FIGUEIREDO, T. de; ALMEIDA, A.; RODRIGUES, J.B.; DAFONTE, J.; PAZ-GONZÁLEZ, A.; NUNES, J.; HERNANDEZ, Z.: "Comparing effects of tillage treatments performed with animal traction on soil physical properties and soil electrical resistivity: preliminary experimental results", 2017, ISSN: 2391-9531.

MIARA, M.; BOUDES, P.; RABIER, T.; GAFSI, M.: "Animal traction in developed countries: The reappropriation of a past practice through agroecological transition", *Journal of Rural Studies*, 103: 103124, 2023, ISSN: 0743-0167.

NUNES, L.J.; NOGUEIRA, J.; RODRIGUES, J.B.; AZEVEDO, J.C.; OLIVEIRA, E.; DE FIGUEIREDO, T.; PICOS, J.: "Modern animal traction to enhance the supply chain of residual biomass", *AgriEngineering*, 52(2): 1039-1050, 2023, ISSN: 2624-7402.

OLIVET, R.Y.E.; COBAS, H.D.; OLIVET, A.E.F.: "Aprovechamiento de la tracción animal en el cultivo del fríjol (Phaseolus vulgaris L)", *Revista de Desarrollo Local (REDEL)*, 16(4): 346-356, 2020, ISSN: 2307-3875.

PEREIRA, R.G.: "ENERGIA DA TRAÇÃO ANIMAL PARA AGRICULTORES FAMILIARES DA AMAZÔNIA DO BRASIL", *Revista Contemporânea*, 4(12): e6809-e6809, 2024, ISSN: 2447-0961.

PÉREZ, C.C.R.: "Tracción animal en las Provincias Ciego de Ávila, Camagüey y Las Tunas, Cuba", *Revista de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (Archivos Latinoamericanos de Producción Animal)*, 8(1): 75, 2000.

PIMENTEL, I.; VENTO, R.; PONCE, F.: "Aprovechamiento de los animales para el tiro de aperos de labranza", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(2): 85-90, 2007, ISSN: 1010-2760.

RÍOS, A.: *La Ingeniería agrícola del productor cubano*, Ed. Editorial InfoIIMA, La Habana, Cuba, 2020.

STARKEY, P.; FAYE, A.: *Animal traction for agricultural development*, Ed. Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation, 1990, ISBN: 92-9081-046-7.

SUÁREZ, J.; RÍOS, A.; SOTTO, P.: "El tractor y la tracción animal", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14(2): 40-43, 2005, ISSN: 1010-2760.

TURAY, S.P.; JALLOH, M.T.; BANDABLA, T.; SAMUEL, F.; KASSOH, D.S.: "The Role of Animal Traction Technology in enhancing Production for Small Scale Farmers in Sierra Leone", *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 7: 6, 2022.

VARGAS, J.; GARCÍA DE LA FIGAL, A.E.; MOREJÓN, Y.: "Comparación durante la labor de cultivo del frijol del tractor Belarus 510 y la tracción animal", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 26(2): 12-22, 2017, ISSN: 2071-0054.

WILLIAMS, T.O.: "Problems and prospects in the utilization of animal traction in semi-arid West Africa: evidence from Niger", *Soil and Tillage Research*, 42(4): 295-311, 1997, ISSN: 0167-1987.

ZERBINI, E.; WOLD, A.G.; SHAPIRO, B.I.: "The potential of cow traction in the East African highlands", En: *Meeting the challenges of animal traction*, pp. 199-211, 1999.