

Sistema de arrastre de madera para plantaciones forestales combinando búfalos de agua (*Bubalus bubalis bubalis* Simpson, 1945) con tractor agrícola

Timber skidding system for forest plantations combining water buffaloes (*Bubalus bubalis bubalis* Simpson, 1945) with farm tractor

Verónica Villalobos-Barquero¹  • Alejandro Meza- Montoya¹  • Andrey Navarro Cordero²

Abstract

The analysis of a two-phase timber skidding system was carried out in Ticabán town, located in Pococí, Limón, Costa Rica and its main objective was to evaluate two extraction methods: water buffaloes and agricultural tractors. Operation efficiency was determined through a time and motion study and production for each day evaluated was calculated, for this, all log's volume hauled by the buffaloes and by the agricultural tractor was calculated using Smalian's formula. A total of 12 working days of timber skidding with buffaloes and 6 with farm tractor were evaluated. The first timber skidding phase carried out with water buffaloes reported an average efficiency of 77,44 % and an average production of 1,73 m³/programmed hour, values that surpass those reported in similar research. In contrast, average efficiency and production reached using the agricultural tractor during the evaluation was 88,10 % and 3,16 m³/programmed hour, respectively. These results suggest that timber extraction techniques in two phases maximizes the advantages of the technologies used in each of them (buffaloes and farm tractor) and minimizes their disadvantages, increasing efficiency and the total production of the operation.

Key words: Costa Rica, draft animals, harvesting, two-phase skidding, *Gmelina arborea*.

1. Escuela de Ingeniería Forestal, Tecnológico de Costa Rica; Cartago, Costa Rica; varquero@tec.ac.cr; almeza@tec.ac.cr

Recibido: 13/03/2019

Aceptado: 13/06/2019

Publicado: 28/06/2019

DOI: 10.18845/rfmk.v16i39.4428

Resumen

El análisis del sistema de arrastre de madera en dos fases se llevó a cabo en la localidad de Ticabán, ubicada en Pococí, Limón, Costa Rica y tuvo como objetivo principal la evaluación de dos métodos de extracción: búfalos de agua y tractor agrícola. Se determinó la eficiencia de la operación a través de un estudio de tiempos y movimientos y se calculó la producción de cada una de las jornadas evaluadas, para esto se cubicaron todos los fustes arrastrados por el búfalo y por el tractor agrícola utilizando la fórmula de Smalian. Un total de 12 jornadas de arrastre de madera con búfalo y 6 con tractor agrícola fueron evaluadas. Para la primera fase del arrastre realizada con búfalos de agua se obtuvo una eficiencia promedio de 77,44 % y una producción promedio de 1,73 m³/hora programada, datos que superan a los reportados en investigaciones similares. Por otra parte, la eficiencia y la producción promedio alcanzada por el tractor agrícola durante la evaluación del arrastre de madera fue de 88,10 % y 3,16 m³/hora programada, respectivamente. Estos resultados sugieren que la técnica de extracción de madera en dos fases maximiza las ventajas de las tecnologías empleadas en cada una de ellas y minimiza sus desventajas, aumentando la eficiencia y la producción total de la operación.

Key words: Costa Rica, tracción animal, aprovechamiento forestal, arrastre en dos fases, *Gmelina arborea*.

Introducción

El arrastre de madera es una de las etapas más importantes del sistema de aprovechamiento de plantaciones forestales, por el costo que representa y por el impacto ambiental que podría causar. El arrastre, también conocido como transporte menor, puede llevarse a cabo de manera directa, trasladando los fustes desde su lugar de corta hasta el patio final de carga o bien, se puede ejecutar en dos fases, es decir, utilizar un método de extracción en la primera etapa, del sitio de corta al patio de acopio y otro método distinto en la segunda etapa del patio de acopio al patio de carga. Como lo menciona [1], la escogencia de la tecnología a utilizar en cada una de las fases va a depender de factores como la distancia de arrastre, la cantidad de madera a extraer, la topografía de la finca y el clima, entre otros.

En Costa Rica, algunas veces se utilizan los sistemas de arrastre de madera combinados, siendo los bueyes el principal método de extracción utilizado en la primera fase y el tractor agrícola el método elegido para ejecutar el segundo arrastre. Si bien es cierto el tractor agrícola

no fue diseñado originalmente para desempeñarse en labores forestales, ha dado muy buenos rendimientos en pequeños proyectos de reforestación [2], colocándose como principal tecnología para realizar la extracción de madera de plantaciones forestales.

Además de los bueyes y el tractor agrícola, se ha empleado el búfalo de agua (*Bubalus bubalis bubalis* Simpson, 1945) en este tipo de labores, ya que es considerado un animal muy fuerte, versátil y tiene la gran ventaja de arrastrar madera solo y no necesita ser enyugado, esto le permite transitar mejor entre la plantación sin ocasionar daños a los árboles remanentes. Según [3], los búfalos se caracterizan por ser dóciles, rústicos, longevos y se conocen por ser animales de triple propósito ya que además del trabajo que realizan sirven para la producción de leche y carne. Los objetivos de este estudio fueron caracterizar y evaluar la etapa de arrastre de madera bajo una técnica de dos fases, utilizando el búfalo de agua en un primer arrastre y el tractor agrícola en la fase final.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

El ensayo del sistema de aprovechamiento forestal propuesto fue establecido en una finca ubicada en la localidad de Ticabán, cantón de Pococí, Limón, Costa Rica (10° 43'N, 83° 82' O). Según datos del Instituto de Desarrollo Rural (INDER) [4], Ticabán se encuentra en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Tropical (bmh-T) y cuenta con una precipitación media anual de 4176 mm y una temperatura media de 27,4°C.

Caracterización de la etapa de arrastre en dos fases

Se realizaron una serie de visitas a aprovechamientos forestales de la zona y se determinó la forma en que se utilizaría cada método de extracción en cada una de las fases del arrastre. La extracción de la madera se realizó en dos fases procurando un menor impacto al suelo y a los árboles remanentes, así como una disminución en los costos totales de la operación de aprovechamiento.

Determinación de la eficiencia y la producción de la etapa de arrastre en dos fases. La eficiencia de las jornadas evaluadas fue calculada utilizando la metodología de tiempos (T) y movimientos (M) por el método del muestreo, se realizaron observaciones cada dos minutos con el objetivo de identificar los movimientos propios que el animal o la máquina realizan para trasladar los fustes de un lugar a otro. Posteriormente estos movimientos fueron clasificados en productivos e improductivos o atrasos, y así determinar el porcentaje de la jornada que

fue productivo. Además, se registró la hora de inicio y la hora final de cada jornada evaluada para determinar su duración. La eficiencia de cada jornada se calculó de la siguiente manera:

$$\%E = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Tiempo programado}} \times 100 \quad (1)$$

Para determinar la producción de las diferentes jornadas se calculó el volumen de cada uno de los fustes arrastrados por el búfalo y por el tractor agrícola, mediante la fórmula de Smalian:

$$V = \frac{\pi}{8} * (d_1^2 + d_2^2) * L \quad (2)$$

Dónde:

V: volumen (en m³).

d₁ y d₂: diámetro medido en la cara mayor y menor (en m).

L: largo del fuste (en m).

La duración de la jornada se obtuvo de la evaluación de T y M realizada anteriormente, calculando la diferencia entre la hora de inicio y la hora final. Se calculó la producción por jornada evaluada y luego se obtuvo un promedio de todas las jornadas. La fórmula empleada en el cálculo de la producción se muestra a continuación:

$$P = \frac{V}{\text{Duración de la jornada (h prog)}} \quad (3)$$

Donde:

P: producción en metros cúbicos por hora programada (en m³/h.prog.)

V: volumen en metros cúbicos (en m³)

Además, se ejecutó una prueba F para igualdad de varianzas con el objetivo de demostrar si existe o no diferencia significativa entre la producción arrastrada por el búfalo de agua durante las jornadas de la mañana o las jornadas que arrastró madera por la tarde. Para esto se plantearon las siguientes hipótesis: Ho: las varianzas de los datos son iguales y Ha: las varianzas de los datos son diferentes. Posterior a eso se ejecutó una prueba de medias para la cual se establecieron dos hipótesis: Ho: las medias de los datos son iguales y Ha: las medias de los datos son diferentes.

Resultados

Caracterización de la etapa de arrastre bajo la técnica de dos fases. El método elegido para realizar el primer arrastre fue el búfalo de agua, mientras que para arrastrar la madera en la segunda fase se utilizó el tractor agrícola. A continuación, se describe el proceso de arrastre en dos fases:

Primera fase de arrastre

La primera fase del arrastre se realizó con un búfalo de agua y consistió en trasladar los árboles desde su lugar de corta hasta la pista de arrastre y acomodarlos de manera sistemática, semejante al esqueleto de un pescado (figura 1). Los fustes fueron colocados en grupos de 6 u 8, esto en relación directa con la cantidad de cadenas que se recomienda que tenga el tractor agrícola que será utilizado en la segunda fase. En este acomodo se debe de dejar un espacio en medio de ambos grupos de madera, para que el tractor agrícola pueda transitar entre los fustes y ajustar la carga de arrastre de manera adecuada (figura 1).

Además, el operador del búfalo debe asegurar que los árboles que están siendo acarreados hasta la pista de arrastre del tractor agrícola, queden sobre una troza que será colocada de manera perpendicular a su arrastre como se observa en la figura 2. Con esta medida se garantiza fluidez en la siguiente fase ya que será muy sencillo para el ayudante del tractorista, amarrar los



Figura 1. Técnica adecuada para colocar los fustes con el búfalo en el patio de acopio.

Figure 1. Technique suitable to accommodate the logs with the buffalo in the storage yard.



Figura 2. Técnica adecuada de acomodar los fustes en el patio de acopio.

Figure 2. Technique suitable to accommodate the logs in the storage yard.



Figura 3. Arrastre de madera utilizando tractor agrícola con dos juegos de cadenas.

Figure 3. Skidding wood using a farm tractor with two sets of chains.

fustes y prepararlos para el siguiente arrastre; de lo contrario, si los árboles quedan en contacto con el suelo en su totalidad, dificultaría el paso de las cadenas de amarre entre el suelo y cada árbol, lo cual generaría atrasos significativos en la operación.

Este primer arrastre se ejecutó con ayuda de cadenas que amarran la troza y van sujetas al balancín o apero que requiere el búfalo para arrastrar, por lo que las trozas van en su totalidad en contacto con el suelo creando una resistencia al arrastre y un movimiento de tierra

considerable, aun así el impacto producido al terrero por compactación es mucho más bajo si se compara con un método mecanizado ya que la compactación es menor por el tamaño de las patas del animal, también el impacto a los árboles remanentes es mínimo ya que estos animales se pueden mover por espacios reducidos y evitar el golpe con la carga [1].

Otra ventaja que presenta este diseño de arrastre en dos fases es que las distancias que el búfalo tuvo que recorrer cargado fueron muy cortas. Con esto se minimiza la posibilidad de una disminución en el rendimiento del animal ya que se ha demostrado que, en distancias mayores a 100 metros, el búfalo disminuye su capacidad de arrastre [5].

Con el fin de evaluar si existe o no diferencia en la producción entre un horario en la mañana y otro en la tarde, se dividió la jornada diaria en 4 horas de 6 a.m. a 10 a.m. y 4 horas de 1 p.m. a 5 p.m., lo que además permitió evitar que el animal trabajara en las horas en las que el sol incide directamente.

Segunda fase de arrastre

La segunda etapa del arrastre fue ejecutada con un tractor agrícola marca Same Explorer con 95 caballos de fuerza. El tránsito de esta máquina durante esta etapa, se restringe únicamente a las pistas de arrastre previamente diseñadas y marcadas para tal efecto, con esto, se evita su paso por toda la plantación y se minimiza el impacto al suelo producto de la compactación. La función principal del tractor agrícola fue trasladar los fustes desde la pista de arrastre en donde fueron soltados por el búfalo hasta el patio final de carga; para tal efecto, se contó con dos juegos de cadenas. El primer juego iba con la carga de madera arrastrada por el tractor agrícola hasta el patio final de carga, mientras que el segundo juego de cadenas permanecía en el patio de acopio, donde el ayudante del tractorista tenía como labor amarrar la mayor cantidad de fustes mientras que el tractor realizaba un ciclo de arrastre (figura 3).

El sistema de arrastre descrito anteriormente, en el cual se combinan dos tecnologías, pretende optimizar las ventajas de cada una de ellas por separado de manera que se aumenta la eficiencia total del sistema y se reducen los costos de operación y los impactos negativos provocados al ambiente producto del aprovechamiento forestal [1].

Determinación de la eficiencia y la producción de la etapa de arrastre en dos fases:

Primera fase de arrastre

El cuadro 1 muestra la eficiencia y la producción obtenidas en cada una de las jornadas evaluadas durante la primera fase del arrastre realizada con búfalo de agua.

Cuadro 1. Eficiencia y producción por jornada evaluada durante la operación de arrastre de madera de plantaciones forestales utilizando búfalo de agua en distancias menores a 100 metros. Ticabán, Guápiles, Limón, Costa Rica. 2018.

Table 1. Efficiency and production per day evaluated during the operation of timber hauling of forest plantations using water buffalo in distances less than 100 meters. Ticabán, Guapiles, Limón, Costa Rica. 2018

Jornada	Mañana/Tarde	Jornada (h)	Eficiencia (%)	Volumen (m³)	Producción (m³/h. prog)	Producción (m³/h. efectiva)
1	Tarde	2,87	75,58	7,40	1,95	2,58
2	Mañana	4,77	80,42	11,04	1,86	2,32
3	Tarde	2,83	80,00	7,96	2,25	2,81
4	Mañana	4,03	78,51	8,04	1,56	1,99
5	Tarde	4,73	73,94	9,06	1,42	1,91
6	Tarde	3,90	80,34	8,95	1,84	2,29
7	Mañana	4,50	75,74	9,33	1,57	2,07
8	Tarde	3,20	73,96	8,71	2,01	2,72
9	Mañana	4,27	81,25	10,45	1,99	2,45
10	Mañana	2,60	70,51	5,64	1,53	2,17
11	Tarde	2,30	78,26	4,13	1,41	1,80
12	Mañana	3,47	80,77	5,85	1,36	1,69
Promedio			77,44	8,05	1,73	2,23

Nota: distancia promedio de arrastre 28,97 metros

Un total de 12 jornadas de arrastre de madera con búfalos de agua fueron evaluadas. Se obtuvo una eficiencia promedio de 77,44%, dato superior al reportado por [5] para búfalos en arrastre de madera, el cual fue de 58,11%. Esta gran diferencia se debe fundamentalmente a la buena planificación del sistema utilizado en esta investigación y a la metodología de arrastre evaluada, ya que en el caso anterior se evaluó la jornada de arrastre completa, incluyendo las horas sol que van desde las 10am hasta la 1pm, lo que disminuye considerablemente el rendimiento del animal. Además, las distancias de arrastre reportadas fueron en promedio de 112.9 m [5], que son muy superiores a las evaluadas en esta investigación (28,97 m).

Como se observa en el cuadro 2, de los movimientos productivos el que mayor tiempo consumió dentro de la jornada fue viaje vacío (23,07%), ya que el animal aprovecha este movimiento para descansar. En cuanto a los atrasos que podrían mejorarse destacaron: espera, re-amarre y limpiar pista. La espera surgió por la necesidad de detener el búfalo para realizar otras labores (3,99 %), situación que podría eliminarse con una mejora en la planificación del trabajo; por su parte, el re-amarre presenta un 3,68 %, porcentaje que se debe a que los árboles no estaban juntos por tratarse de un raleo, por lo tanto, el bufalero amarra uno, iba por otro y re-amarraba la carga, hasta ajustar la cantidad de árboles que el bufalero consideraba suficiente para cada

ciclo y finalmente el atraso limpiar pista (2,75%) podría disminuirse o eliminarse realizando una preparación previa de las rutas o bien asignando esta labor al ayudante del bufalero.

Por otra parte, se registró un resultado promedio de producción de 1,73 m³ por hora programada (626 Pulgadas Madereras Ticas (PMT)), superior al reportado por [5] de 1,5 m³/h. Como valor de referencia, esta producción es suficiente para completar una carga de un camión tipo "Tándem" (5000 PMT) en 8 horas de trabajo del animal.

En cuanto al análisis estadístico de los datos de producción según la jornada evaluada, se obtuvo un valor de $P=0,344$ para la prueba F de igualdad de varianzas con lo que se acepta la hipótesis nula, y un valor de $P=0,045$ para la prueba de medias, indicando que sí existe diferencia entre la producción arrastrada por la mañana y la producción arrastrada durante las jornadas de la tarde. Los estadísticos fueron calculados para una muestra de 303 observaciones evaluadas durante las jornadas de la mañana y 300 durante la tarde. El cuadro 3 muestra los resultados obtenidos.

Estos estadísticos refuerzan las eficiencias obtenidas para cada jornada (cuadro 1), donde se observa valores mayores durante las evaluaciones realizadas en las mañanas, principalmente porque el animal se encuentra

Cuadro 2. Valores promedio del estudio del trabajo de la operación de arrastre de madera con búfalos de agua y tractor agrícola. Ticabán, Pococí, Limón. 2018.

Table 2. Average values of the study of the work during the operation of timber hauling of forest plantations using water buffalo and agricultural tractor. Ticabán, Pococí, Limón. 2018.

Movimientos del sistema	Arrastre con búfalos		Arrastre con tractor agrícola	
	Observaciones (promedio)	Porcentajes (%)	Observaciones (promedio)	Porcentajes (%)
Movimientos Productivos				
Viaje vacío	25,08	23,18	41,67	25,42
Amarre	23,00	20,91	26,17	18,60
Viaje cargado	20,58	18,89	40,50	25,15
Soltar	15,75	14,46	19,33	13,22
Acomodo del chapulín	0,00	0,00	8,67	5,70
Total de movimientos productivos	84,42	77,44	136,33	88,10
Movimientos improductivos				
Descanso de los búfalos	1,83	1,58	0,00	0,00
Descanso del Bufalero	2,08	1,80	0,00	0,00
Re-amarre de la carga	4,00	3,69	7,67	4,50
Acomodar patio	1,67	1,48	2,33	1,26
Desrame o troceo	0,00	0,00	0,00	0,00
Esperar	3,92	3,99	2,33	1,00
Limpiar pista	2,75	2,27	0,33	0,13
Colocar aditamentos al búfalo	6,62	6,45	0,00	0,00
Alimentación	0,00	0,00	11,00	4,24
Carga pegada	1,08	1,01	1,17	0,58
Bajar árbol	0,33	0,28	0,00	0,00
Mecánicos	0,00	0,00	0,17	0,06
Abastecimiento	0,00	0,00	0,33	0,13
Descanso	0,00	0,00	0,00	0,00
Total de movimientos improductivos	24,28	22,56	25,33	11,90
TOTAL	108,70	100,00	161,67	100,00

descansado y además, probablemente los rayos del sol y el calor son menos intensos a esas horas.

Segunda fase de arrastre

Por otra parte, se evaluaron 6 jornadas de arrastre de madera con tractor agrícola resultando una eficiencia promedio de 88,10% el cual es un dato muy elevado comparado con los reportados por [6] y [7] (76,73 % y 84,47 respectivamente). Este aumento en la eficiencia se debe al sistema en dos fases empleado, ya que durante la primera fase con búfalos, los fustes quedaban acomodados y en posición de salida hacia la pista de

arrastre, además de los dos juegos de cadenas que garantizaban fluidez en la operación total. La evaluación arrojó que el principal movimiento improductivo realizado por el chapulín fue el re-amarre, ya que la investigación exigía que los fustes llevaran la parte frontal elevada de manera que se disminuya la fricción y la resistencia de las trozas al contacto con el suelo, así se evita un impacto mayor al suelo y aumenta la velocidad de la máquina. Los datos de eficiencia y producción por jornada se muestran en el cuadro 4.

La producción promedio en esta fase fue de 3,16 m³/h. prog., entonces, en una jornada de 8 horas se puede

Cuadro 3. Eficiencia y producción por jornada evaluada durante la operación de arrastre de madera de plantaciones forestales utilizando tractor agrícola en la segunda fase. Ticabán, Guápiles, Limón, Costa Rica. 2018.

Table 3. Efficiency and production per day evaluated during the operation of timber hauling of forest plantations using agricultural tractor in the second phase. Ticabán, Guapiles, Limón, Costa Rica. 2018.

Jornada	Horas (h)	Eficiencia (%)	Volumen (m ³)	Producción (m ³ /h. prog)	Producción (m ³ /h .efectiva)
1	2,00	96,67	8,34	4,03	4,17
2	3,00	97,65	14,01	4,56	4,67
3	2,67	90,00	10,56	3,57	3,96
4	8,75	75,67	28,35	2,45	3,24
5	8,50	83,14	24,09	2,36	2,83
6	7,57	85,46	17,63	1,99	2,33
Promedio	5,41	88,10	17,16	3,16	3,53

Nota: distancia promedio de arrastre 381 metros

extraer el doble de la cantidad de madera arrastrada por el búfalo de agua (10 000 PMT); por lo tanto, el tractor y el búfalo no trabajarán el mismo tiempo, de manera que se deben planear las operaciones en forma diferenciada, por ejemplo, por cada 2 días de trabajo del búfalo se programan 1 día de trabajo del tractor agrícola. Por esta razón es que la planificación es un elemento fundamental en operaciones de arrastre de madera bajo la técnica de dos fases, en donde se deben de pautar los términos y condiciones sobre los que trabajará cada tecnología empleada en la operación. El uso del tractor agrícola en la segunda fase del arrastre pretende disminuir los costos de la operación ya que compensa las largas distancias de arrastre (superiores a los 300 m) con la gran cantidad de volumen que esta máquina puede arrastrar por ciclo.

Conclusiones

La técnica de arrastre en dos fases es apropiada para el aprovechamiento de plantaciones forestales, ya que optimiza las ventajas de cada método utilizado y minimiza sus desventajas.

La técnica de arrastre en dos fases beneficia la producción del búfalo de agua al utilizarlo en distancias cortas, asimismo beneficia la producción del tractor agrícola al utilizarlo en la segunda fase, ya que le permite utilizar toda su capacidad de carga y desarrollar altas velocidades de arrastre, ambos aspectos permiten una disminución de los costos totales de producción.

Los búfalos de agua presentaron un mayor rendimiento y eficiencia de arrastre en las jornadas evaluadas durante la mañana.

Al utilizar sistemas de arrastre combinados, la planificación y ubicación de los patios de acopio y carga,

así como las pistas de arrastre es fundamental para obtener buenos rendimientos en la operación.

Dado que la producción del tractor agrícola duplica la del búfalo de agua, se debe programar con detalle las jornadas de trabajo de ambos métodos con el fin de solventar esas diferencias.

El sistema de amarre de los fustes utilizando dos juegos de cadenas en el tractor agrícola permite la optimización del tiempo y la reducción de los atrasos en el proceso.

Recomendaciones

Para que un sistema de aprovechamiento forestal funcione adecuadamente requiere de una labor de planificación intensa, más aún en la etapa de arrastre, que es una operación que puede elevar los costos y el impacto en forma desproporcionada.

Una técnica de arrastre de dos fases como la evaluada en esta investigación requiere de la planificación de los patios de acopio y carga y de las pistas de arrastre, de manera que se minimice su construcción pero que permitan una operación fluida; además, se requiere la planificación de las jornadas de trabajo de cada método, de modo que las diferencias de producción puedan ser solventadas, ya sea aumentando el número de búfalos en arrastre o bien disminuyendo el número de días trabajados por el tractor agrícola.

Referencias

[1] F. Cándano, A. Vidal, A. Pinto, y C. Cardoso, "Evaluación de tres métodos para el arrastre de madera en rodales naturales de *Pinus caribea* var. *Caribea*", Revista *Árvore*,

vol. 28, no 3, 23-33, 2004.

- [2] B. Louman, D. Quirós, M. Castillo, y F Carrera. “Las operaciones de saca”, en Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales, L. Orozco, C. Brumér, y D. Quirós. Turrialba, CATIE, pp. 159-195, 2006.
- [3] R. Rosales, “Situación del búfalo de agua en Costa Rica”. Revista Tecnología en Marcha, vol. 24, no. 5, 2011.
- [4] INDER (Instituto de Desarrollo Rural de Costa Rica), Informe de Caracterización Integral Básica del territorio de Pococí, 2014. Disponible en: https://www.inder.go.cr/territorios_inder/region_huetar_caribe/caracterizaciones/Caracterizacion-territorio-Pococi.pdf
- [5] A. Meza-Montoya, V. Villalobos-Barquero. “Valoración y promoción de la Utilización de búfalos de agua en labores de aprovechamiento de plantaciones forestales”. Informe Final. Centro en Investigación e Innovación Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2017
- [6] D. J. Guamán, “Aprovechamiento forestal semi-mecanizado de madera de *Pinus radiata* D. Don (Pino) en plantaciones de la empresa Novopan del Ecuador S.A en la parroquia Cebadas, cantón Guamote provincia de Chimborazo”, Tesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2015.
- [7] J. Gordo, y M. Muñoz, “Identificación de las causas que alteran el rendimiento de los equipos de extracción de madera. Estudio de tiempos y movimientos”, Ingresar a la revista, vol. 7, no. 2, pp. 15-23, 2009.

Este artículo debe citarse como:

Villalobos-Barquero, V; Meza-Montoya, A; Navarro-Cordero, A. (2019). Sistema de arrastre de madera para plantaciones forestales combinando búfalos de agua (*Bubalus bubalis* SIMPSON, 1945) con tractor agrícola. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 16(39), 53-60. doi. 10.18845/rfmk.v16i39.4427