

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES
Y CONSERVACION BIOLOGICA

**TRÁNSPORTE MENOR DE TROZAS CON
BUFALOS Y UNIMOG FORESTAL EN PINARES
NATIVOS DEL CERRO UYUCA**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al
título de Ingeniero Agrónomo en el grado
académico de licenciatura

Por

Manuel Roberto González Oliú

Honduras, 22 de Abril de 1996

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.



Manuel Roberto González Oliú

Zamorano, Honduras, 22 de Abril de 1996

DEDICATORIA

Dedico todo mi esfuerzo:

A Dios y la Virgen María Auxiliadora, por brindarme esta nueva etapa de mi vida.

A mis padres a quienes les debo todo lo que soy. A mi Madre, por su amor, abnegación, ternura, apoyo e ilusión. A mi Padre, por su amor, su gran ejemplo y apoyo incondicional.

A mis hermanos, por su amor, su apoyo y por ser mi gran orgullo y motivación.

A María Ligia, por su inmenso amor y apoyo.

A mi Mami Aura María, tía Luisa Emilia, tía Hilda y tío Ernesto por su amor, sus consejos y apoyo.

A mi Padrino y familia Bendaña, todo mi cariño y agradecimiento.

A mi tía Bertita, todo mi recuerdo y amor.

A mi Patria, Nicaragua!

RECONOCIMIENTOS

Agradezco a mis asesores, al Ing. Nelson Agudelo por su gran apoyo y dedicación. Al Ing. Timothy Longwell, Lic. Omar Sierra, Ing. Ramiro Guerrón, Dr. Francisco Gómez, Lic. Manuel Rosales, Lic. Ana María Girón, Marisabel Martínez, Ing. Julio Salgado, Ing. Angel Suazo, Ing. Miguel Urquiza y al personal de forestales, por su valioso apoyo y colaboración. A los Ingenieros Agrónomos Miguel Hernández, Félix Cardoza y Johnson Zeledón por su amistad y apoyo incondicional. A la Escuela Agrícola Panamericana y al Gobierno de Dinamarca por su apoyo en esta última fase de mis estudios. A todos ellos, mi más grande agradecimiento pues sin su apoyo este trabajo no hubiera sido posible.

CONTENIDO

Título	i
Derechos de autor.	ii
Hoja de firmas.	iii
Dedicatoria	iv
Reconocimientos	v
Tabla de Contenido	vi
Índice de Cuadros.	x
Índice de Anexos	xí
Índice de Figuras	xii
Resumen	xiii
I. INTRODUCCION	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 JUSTIFICACION.	1
1.3 OBJETIVOS	2
Objetivo general.	2
Objetivos específicos	2
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 LOS CONCEPTOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y RENDIMIENTO SOSTENIDO.	3
2.2 EL MANEJO SOSTENIBLE DE LOS BOSQUES NATURALES DE CONIFERAS	4
2.2.1 Países industrializados o desarrollados.	5
2.2.2 Países en desarrollo	6
2.2.3 América Central	7
2.2.4 Zamorano	8
2.3 SITUACION ACTUAL DE LA EXPLOTACION Y TRANSPORTE FORESTALES	9

2.3.1 Países industrializados o desarrollados	9
2.3.2 Países en desarrollo	11
2.3.3 Zamorano	12
II. MATERIALES Y METODOS	13
3.1 DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO	13
3.1.1 Aspecto Legal	13
3.1.1.1 Ubicación geográfica	13
3.1.1.2 Uso actual de la tierra	13
3.1.2 Aspectos físicos	13
3.1.2.1 Altitud, relieve, clima y ecología	13
3.1.2.2 Vegetación	15
3.2 METODOLOGIA DE LEVANTAMIENTO	16
3.2.1 Determinación de costos de apeo, desrame, despunte y troceo	16
3.2.2 Descripción de tiempos	16
3.2.2.1 Tiempo normal	17
3.2.2.2 Tiempo suplementario	17
3.2.3 Descripción de movimientos	17
3.2.3.1 Viaje sin carga	17
3.2.3.2 Carga	17
3.2.3.3 Viaje con carga	17
3.2.3.4 Descarga	17
3.2.4 Determinación de tiempos	18
3.2.5 Transporte menor con búfalos	18
3.2.6 Transporte menor con unimog forestal	18
3.3 METODOLOGIA DE EVALUACION	19
3.3.1 Costos de apeo, desrame, despunte y troceo	19
3.3.2 Transporte menor con búfalos	20
3.3.2.1 Velocidad y carga	20
3.3.2.2 Determinación de tiempos	20
3.3.2.3 Rendimiento	21
3.3.2.4 Costos por unidad de volumen	22
3.3.2.5 Costos fijos	22
3.3.2.6 Costos variables	23
3.3.3 Transporte menor con unimog forestal	23
3.3.3.1 Velocidad y carga	23
3.3.3.2 Determinación de tiempos	24
3.3.3.3 Rendimiento	25
3.3.3.4 Costos por unidad de volumen	25
3.3.3.5 Costos fijos	25
3.3.3.6 Costos variables	26
3.3.4 Determinación de la distancia óptima de arrastre con búfalos y unimog forestal	28

IV. RESULTADOS . . . . .	.29
4.1 COSTOS DE LAS OPERACIONES DE APEO, DESRAME, DESPUNTE Y TROCEO . . . . .	.29
4.1.1 Costos de apeo, desrame, despunte y troceo por hora . . . . .	.29
4.1.2 Costo de apeo, desrame, despunte y troceo por árbol . . . . .	.29
4.2 TRANSPORTE MENOR CON BUFALOS . . . . .	.29
4.2.1 Velocidad y carga . . . . .	.29
4.2.1.1 Velocidad media de viaje sin carga . . . . .	.29
4.2.1.2 Velocidad media de viaje con carga	30
4.2.2 Tiempos . . . . .	.30
4.2.2.1 Función para determinar el tiempo por ciclo de trabajo en el arrastre con búfalos . . . . .	.30
4.2.2.2 Tiempo por ciclo de trabajo	30
4.2.2.3 Tiempo por metro cúbico . . . . .	.30
4.2.3 Rendimiento . . . . .	.31
4.2.4 Costos por unidad de volumen . . . . .	.31
4.2.5 Costos fijos . . . . .	.31
4.2.5.1 Interés . . . . .	.31
4.2.5.2 Depreciación . . . . .	.31
4.2.5.3 Costo de alimentación normal . . . . .	.31
4.2.5.4 Costos de medicamentos y veterinario	32
4.2.5.5 Costos de mortalidad . . . . .	.32
4.2.6 Costos variables . . . . .	.32
4.2.6.1 Mano de obra . . . . .	.32
4.2.7 Costo total del madereo con búfalos . . . . .	.32
4.3 TRANSPORTE MENOR CON UNIMOG FORESTAL . . . . .	.33
4.3.1 Velocidad y carga . . . . .	.33
4.3.1.1 Velocidad media de viaje sin carga . . . . .	.33
4.3.1.2 Velocidad media de viaje con carga . . . . .	.33
4.3.2 Tiempos . . . . .	.34
4.3.2.1 Función para determinar el tiempo por ciclo de trabajo en el madereo con unimog forestal . . . . .	.34
4.3.2.2 Tiempo por ciclo de trabajo . . . . .	.34
4.3.2.3 Tiempo por metro cúbico . . . . .	.34
4.3.3 Rendimiento . . . . .	.34
4.3.4 Costos por unidad de volumen . . . . .	.35
4.3.5 Costos fijos . . . . .	.35
4.3.5.1 Interés . . . . .	.35
4.3.5.2 Depreciación . . . . .	.35
4.3.6 Costos variables . . . . .	.35
4.3.6.1 Reparaciones . . . . .	.35
4.3.6.2 Neumáticos . . . . .	.35

4.3.6.3 Combustible . . . . .	.35
4.3.6.4 Lubricantes, filtros y grasa . . . . .	.36
4.3.6.5 Mantenimiento. . . . .	.36
4.3.6.6 Mano de obra . . . . .	.36
4.3.6.7 Costo total del madereo con unimog . . . . .	.36
4.4 DISTANCIA OPTIMA DE ARRASTRE . . . . .	.38
4.4.1 Búfalos . . . . .	.38
4.4.2 Unimog forestal . . . . .	.39
4.4.3 Comparación entre distancias óptimas de arrastre, entre búfalos y unimog, con volumen de carga variable . . . . .	.41
4.4.3 Comparación entre distancias óptimas de arrastre, entre búfalos y unimog, manteniendo constante el volumen de carga. . . . .	.41
V. DISCUSION . . . . .	.43
5.1 TRANSPORTE MENOR CON BUFALOS Y UNIMOG FORESTAL . . . . .	.43
5.1.1 Transporte menor con búfalos . . . . .	.43
5.1.2 Transporte menor con unimog forestal. . . . .	.43
5.1.3 Análisis del arrastre de madera con búfalos y unimog forestal . . . . .	.44
5.2 Distancia óptima de arrastre . . . . .	.44
VI. CONCLUSIONES . . . . .	.46
VII. RECOMENDACIONES . . . . .	.47
VIII. LITERATURA CITADA . . . . .	.48

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Costos de alimentación normal en el madereo con búfalos.	32
2. Costos totales del madereo con búfalos.	33
3. Costos de lubricantes, filtros y grasa en el madereo con unimog.	36
4. Costos totales del madereo con unimog.	37
5. Velocidad, carga, tiempos y costos de arrastre de madera con búfalos y unimog forestal	38

INDICE DE ANEXOS

Anexo	Pág.
1. Costos fijos y variables en operaciones madereras con motosierra.	51
2. Tiempos de apeo, desrame, despunte, troceo y volumen de trozas con corteza, en estudio de madereo con búfalos y unimog forestal.	52
3. Distancia, tiempos, volumen, costos y otros insumos utilizados en la determinación de costos de madereo con búfalos.	53
4. Otras variables utilizadas en la determinación de costos en madereo con búfalos.	54
5. Datos de campo del estudio de madereo con búfalos en pinares nativos del Cerro Uyuca.	55
6. Distancia, tiempos, volumen, y otros insumos utilizados en la determinación de costos en madereo con unimog forestal.	56
7. Otras variables utilizadas en la determinación de costos en madereo con unimog forestal.	57
8. Datos de campo del estudio de madereo con unimog forestal en pinares nativos del Cerro Uyuca.	58
9. Estadísticas del análisis de regresión lineal.	59

INDICE DE FIGURAS

Figura

1. Ubicación de la zona de estudio en la República de Honduras. 14
2. Costo de arrastre en L/m^3 , en función de la distancia media de arrastre y carga constante, en madereo con búfalos y unimog forestal. 40
3. Costo de arrastre en L/m^3 , en función de la distancia media de arrastre y carga variable, en madereo con búfalos y unimog forestal. 42

RESUMEN

Aunque sostenibilidad y manejo sostenible de recursos son términos de moda en casi todos los niveles de la sociedad, en la crisis ambiental actual todo parece indicar que ambos conceptos son más de carácter teórico que de realidad práctica, al menos para los países en desarrollo. Los bosques naturales del mundo son destruidos a razón de 18 millones de ha por año. La mayor parte de estos bosques, catalogados como bosques de producción, carecen de manejo sostenible. Tal situación es particularmente crítica en los países tropicales, en donde además de una marcada ausencia de manejo, las explotaciones madereras son, por lo general, destructoras, costosas, primitivas y deficientes. Actualmente se considera que el manejo sostenible de bosques no sólo incluye aspectos ecológicos, silvícolas, sociales y políticos sino también cosecha adecuada. Los pinares nativos del Uyuca son objeto de manejo sostenible desde 1981. A pesar de los esfuerzos técnicos y económicos realizados durante este período, las operaciones de explotación son todavía ineficientes, destructoras y costosas. Con el objeto de subsanar esta situación se ejecutó el presente estudio. Dos sistemas de arrastre fueron evaluados, en terrenos con pendiente media de 0-17%: búfalos y unimog forestal. Las variables evaluadas fueron: velocidad, capacidad de carga, tiempo por ciclo de trabajo y por metro cúbico, rendimiento, costo de madereo y distancia óptima de arrastre. Los resultados indicaron que los búfalos tuvieron mayor velocidad de arrastre que el unimog y volúmenes de carga de 0.5 m^3 y 1.15 m^3 , respectivamente. El unimog tuvo un tiempo por ciclo de trabajo dos veces más largo que búfalos (19.41 min/ciclo contra 9.92 min/ciclo). El tiempo por metro cúbico fue más alto con búfalos (22.11 min/ m^3) que con unimog (16.93 min/ m^3). El costo de arrastre con unimog (L 55.67/ m^3) fue casi 3.6 veces más alto que con búfalos (L 15.54/ m^3). La distancia óptima de arrastre, para volúmenes reales de carga, fue de 133 m para unimog y 174 m para búfalos.

I. INTRODUCCION

I.1 ANTECEDENTES

En las regiones tropicales y subtropicales del mundo, las operaciones de transporte en la explotación forestal constituyen los principales problemas de logística y representan el mayor porcentaje de los costos totales de maderero. Por ello es importante estudiar, analizar y evaluar los sistemas de transporte actualmente disponibles con el propósito de buscar y seleccionar aquellas alternativas que además de cumplir con su objetivo proporcionen, a la vez, beneficios tales como: reducción de costos, aumento de utilidades, organización de las operaciones y un menor daño a los ecosistemas y sus especies asociadas. Pero para obtener esos resultados y poder tomar las decisiones adecuadas, se requiere hacer cálculos con información de tiempos y costos, la que se obtiene de manera previa en las operaciones de explotación forestal (Christiansen; Anaya; Svensson, 1974).

I.2 JUSTIFICACION

En la elaboración de planes de manejo forestal es de vital importancia considerar aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales de manera que se puedan satisfacer las diferentes partes que están involucradas en la explotación sostenible de los bosques y de los recursos que en éste se encuentran. De esta forma es posible lograr que el citado manejo sea económica y técnicamente factible, socialmente aceptable y ecológicamente sostenible. Así mismo, la implementación en el campo de tales planes, de manera dinámica y continua, es tan importante como la misma planificación. En una explotación forestal sostenible no sólo es importante considerar los aspectos ambientales y obtener el producto del bosque, sino que también se deben estimar los costos de dicha actividad y así poder determinar el nivel de rentabilidad de las operaciones.

A pesar de que la Escuela Agrícola Panamericana (E.A.P.) aprovecha los pinares nativos del Cerro Uyuca desde aproximadamente la mitad del presente siglo, a la fecha, no dispone todavía de un registro fidedigno de tiempos y costos en ninguna de las actividades relativas a la explotación forestal. Tan crítica situación fue la base del presente estudio.

El registro de datos se realizó durante las operaciones de maderero conducidas a finales de 1995. Para ello, se midieron los tiempos de arrastre, distancia de arrastre y la pendiente para cada operación del ciclo maderero con búfalos y unimog forestal, se determinaron los costos de maderero para cada sistema y se compararon ambos en términos económicos.

1.3 OBJETIVOS

El estudio pretendió alcanzar los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Contribuir a mejorar los conocimientos existentes sobre transporte menor de madera en pinares nativos de la región subtropical de América Central.

Objetivos específicos:

Determinar la distancia óptima de arrastre, capacidad de carga y costos del madereo con búfalos.

Determinar la distancia óptima de arrastre, capacidad de carga y costos del madereo con unimog forestal.

Comparar ambas alternativas y determinar la mejor opción de arrastre para el bosque en mención.

IL REVISION DE LITERATURA

2.1 LOS CONCEPTOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y RENDIMIENTO SOSTENIDO

En 1990 existían en el mundo 3442 millones de ha de bosques y tierras forestales. 1432 millones de ha estaban enclavadas en los países desarrollados o industrializados y 2110 millones de ha en los territorios en desarrollo (FAO, 1995).

Los bosques proporcionan a la humanidad una gran cantidad de beneficios económicos, sociales, ambientales y culturales. Es lógico que la demanda de tales beneficios se incrementa e incrementará con la explosión demográfica. No obstante la importancia de los bosques, las reservas forestales disminuyen a un ritmo acelerado en las regiones tropicales y subtropicales por explotación excesiva y/o selectiva, deforestación y conversión a otros usos de la tierra. En las regiones templadas y boreales, la decadencia de los bosques se debe principalmente al efecto de contaminantes aerotransportados (Maini, 1992).

En la actual crisis ambiental y de degradación de recursos naturales, se reconoce ampliamente el nexo existente entre los aspectos ecológicos y económicos. Esta relación entre los bosques, el clima, el ciclo del agua, la biodiversidad, la conservación de suelos y otros aspectos, ha sido determinante para que la conservación y el desarrollo sostenible de todos los bosques del planeta ocupen un lugar de preferencia en la política internacional. Tal consideración se observa claramente en la tendencia que muestran muchos consumidores a utilizar productos forestales procedentes de bosques manejados en forma sostenible (Maini, 1992).

Pero, ¿qué es el desarrollo sostenible? Según la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, citada por Maini, es "aquel proceso que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para hacer frente a las suyas". Debido a la naturaleza misma de los ecosistemas forestales, se considera al sector forestal como el ente más propicio en el mundo para poner en práctica el concepto del desarrollo sostenible. Ello puede afirmarse por los conocimientos que actualmente tienen los forestales sobre como reaccionan los ecosistemas forestales a las perturbaciones naturales y humanas, se conoce más o menos bien las perspectivas que a largo plazo deben manejarse en casi todas las actividades de esta ciencia y es, precisamente, este sector el que está más familiarizado con el empleo del término rendimiento sostenido. Bajo esta óptica es lógico pensar que es mucho más fácil para la comunidad forestal, que para cualquier otra, pasar de un rendimiento sostenido a un desarrollo sostenible, es decir, cambiar de manejar los bosques a manejar los ecosistemas forestales (Maini, 1992).

El desarrollo forestal sostenible tal y como se ha planteado en este documento, implica para los ecosistemas forestales y quien los maneja el garantizar, de manera indefinida y con pérdida aceptable, el mantenimiento de su diversidad biológica, una producción sostenida de bienes y servicios y la perpetuación del sistema como tal. Para los complejos bosques latifoliados de los trópicos y subtropicos del mundo la sostenibilidad de los sistemas, así entendida, parece ser una utopía. Esto puede afirmarse por razones de tipo técnico, político, social y económico.¹

A pesar del aparente carácter utópico de la sostenibilidad de los bosques naturales, debe reconocerse que la mayor parte de ellos son ecosistemas de larga vida, tienen una gran capacidad de renovación y son fuertes y estables desde el punto de vista ecológico. Debido a estas particulares características, tales sistemas resisten daños parciales los que pueden ser provocados por tempestades, ataques de insectos, enfermedades e incendios. Tales fenómenos son parte integral de la dinámica del ecosistema forestal y son vitales para mantener su salud, biodiversidad, regeneración natural y su evolución en el tiempo. Pero esa resistencia a las alteraciones tiene sus límites, mismos que al sobrepasarlos se traducen en su degradación (Maini, 1992). De lo anterior se deduce que es de primordial importancia conocer los límites de elasticidad de los ecosistemas forestales si de ellos se espera alcanzar un verdadero desarrollo sostenible (Dykstra et al., 1992).

El rendimiento forestal sostenido es la capacidad que tiene un bosque para producir madera de manera estable e indefinida, mientras que el desarrollo sostenible de los bosques incluye al ecosistema forestal como un todo desde el punto de vista presente y futuro (Maini, 1992).

El principio del rendimiento sostenido nació en Alemania a principios del siglo XVIII, como base para una actividad controlada y productiva. Su implementación hizo posible planificar el manejo forestal a corto, mediano y largo plazo. En sus inicios permitió recuperar los bosques excesivamente explotados y devastados del centro de Europa y, a la vez, aliviar los grandes problemas de escasez de madera (De Camino, 1989).

2.2 EL MANEJO SOSTENIBLE DE LOS BOSQUES NATURALES DE CONIFERAS

Las primeras actividades de manejo de los bosques naturales tuvieron lugar en un tiempo de gran escasez de madera y destrucción de los bosques. Tal destrucción se debió al uso irracional de los productos forestales durante el siglo XVI y a la ausencia de leyes que protegieran los ecosistemas boscosos. Los principales objetivos del manejo, en aquella época, fueron la determinación de las existencias madereras y del volumen de corta con base en el crecimiento (De Camino, 1989).

¹ AGUDELO, N. 1996. Sostenibilidad de Bosques Naturales. Zamorano, Escuela Agrícola Panamericana. (Comunicación personal).

Se sabe a través de Plinio, que los romanos dictaron leyes encaminadas a reducir la destrucción de los bosques y determinaron también las primeras políticas para una explotación maderera legal (Mendoza, 1983).

En la actualidad se reconoce que el manejo de los bosques se desarrolló en Francia y que ese mismo estado aplicó leyes encausadas a la regulación de cortas, al mantenimiento de los bosques de manera sostenida y a la organización de un cuerpo de administración para la protección de los mismos (Mendoza, 1983).

Tanto en el pasado como en el presente y futuro, los bosques se han manejado y se continuarán manejando con el objeto de garantizar una producción sostenida de madera y otros productos secundarios. Para ello, es necesario que el ecosistema objeto de manejo alcance cierta estabilidad y mantenga las funciones ecológicas más importantes como requisito para sostener su productividad (Tuchy, 1981).

Aunque los bosques de coníferas cubren sólo el 37.6 % del recurso forestal mundial, su importancia económica radica en que son los responsables de abastecer más del 90% de la madera que se consume en el globo (Kuusela, 1992). El impacto económico y ambiental de estos ecosistemas debería estimular, por tanto, su manejo adecuado y sostenible. La realidad de tal manejo es el propósito del presente capítulo.

2.2.1 Países industrializados o desarrollados

Para el conjunto de los países industrializados, que comprende los territorios de Europa, Japón, la ex-Unión Soviética, Canadá, Estados Unidos y Australia, el área total de bosques y otras tierras forestales de coníferas y latifoliadas, ascendía en 1990 a 2064 millones de ha. Ello representaba el 33% de la superficie total de tierras. La mayor concentración de bosques y otras tierras forestales se localizaban en la ex-Unión Soviética (942 millones de ha), siguiéndole América del Norte (749 millones de ha), Europa (195 millones de ha) y el resto de las naciones industrializadas con 178 millones de ha (Korotkov, 1993).

Los bosques de coníferas de los países industrializados cubrían en 1990 una superficie de 1260 millones de ha. El 73% de tales bosques, es decir, 920 millones de ha estaban enclavados en la región boreal. A la fecha, todos los países industrializados del mundo se encuentran en las regiones templadas y boreal. Los bosques de coníferas de las regiones templadas, unos 340 millones de ha (27%), se consideran que están técnicamente manejados bajo el concepto del rendimiento sostenido. Los bosques boreales quedan por entero dentro de las fronteras de Rusia (más del 70% del total), Canadá y Alaska (E.E.U.U.) y los países escandinavos (Finlandia, Noruega y Suecia). En estos momentos se estima que aproximadamente un 10% de estos bosques se encuentran manejados en forma sostenible desde principios de siglo. Tales bosques son los que pertenecen a los territorios escandinavos y Alaska. En Rusia y Canadá, en cambio, el recurso forestal se consideraba ilimitado y se explotaba como si fuera una mina, en lugar de manejarse. Canadá, en la actualidad, presta

considerable atención a la ordenación sostenible de sus bosques. Los bosques rusos, por otra parte, enfrentan una situación semejante a la de los bosques tropicales y subtropicales con respecto al manejo sostenible, debido a su actual crisis política, social y económica (Kussela, 1992).

A pesar de este triste panorama se acepta que los recursos forestales de los países industrializados están creciendo de manera significativa en términos de volumen, aunque muy poco en superficie (Janz, 1993). Sin embargo, muchos de los bosques de estos territorios presentan masas decadentes a causa de lluvia ácida, densidad excesiva, vejez, sequías prolongadas o frío (Kussela, 1992).

De lo expuesto se deduce que no obstante la importancia de los bosques de coníferas de los países industrializados, su actual estado de manejo sostenible es verdaderamente deplorable. En las postrimerías ya del siglo XX, es inaudito e inadmisible que los denominados países industrializados, a pesar de su opulencia económica, estén tan atrasados en el manejo de sus bosques. Es todavía más criticable su situación si se reconoce, como bien demostrado está, que los bosques de coníferas, debido a su particular composición florística y gregarismo de especies, son más susceptibles a un manejo técnico sostenible que los complejos bosques latifoliados de los trópicos y subtropicos del mundo.²

2.2.2 Países en desarrollo

Los países en desarrollo tenían en 1990, en bosques y otras tierras forestales, una superficie aproximada de 2010 millones de ha. Ello representa el 58% de todos los bosques y tierras forestales del mundo (FAO, 1995). En ese mismo año América Latina y el Caribe poseían 310.6 millones de ha de bosques, es decir, el 15.4% de los bosques enclavados en estos territorios (Singh, 1993).

En los trópicos y subtropicos del mundo, los bosques naturales de coníferas cubren una superficie del orden de los 34.3 millones de ha. La mayor proporción de ellos, unas 24 millones de ha, se encuentran en América Latina, especialmente en México, América Central y el Caribe. Asia tiene sólo 8.4 millones de ha y Africa 1.2 millones de ha (Lamprecht, 1990).

A escala mundial existen unos 50 géneros de coníferas distribuidos principalmente en Asia y Oceanía y, en menor proporción, en América y África. Se considera que por lo menos 20 géneros, con más de 200 especies, se encuentran en los trópicos y subtropicos (Lamprecht, 1990).

² AGUDELO, N. 1996. El Manejo Sostenible de los Bosques de Coníferas de Países Industrializados. Zamorano, Escuela Agrícola Panamericana. (Comunicación personal).

Los países en desarrollo sólo producen el 20% de todos los productos forestales del mundo, a pesar de que poseen la mitad de todas las riquezas del planeta. Tal situación obedece a que tales territorios utilizan el 80% de su producción forestal como leña y carbón y únicamente el 20% en uso doméstico y exportaciones (Sauoma, 1985).

Los bosques naturales de coníferas se encuentran, con frecuencia, en un estado grave debido al efecto de incendios forestales, pastoreo incontrolado, madereo y resinación desordenados. A pesar del valor económico relativamente alto de estos bosques y de sus condiciones, por lo general, favorables para el inicio de un verdadero desarrollo forestal, en la mayoría de ellos todavía no se tiene un manejo ordenado y sostenido (Lamprecht, 1990).

En el caso concreto de América Latina se considera que aunque hay en marcha muchos proyectos agroforestales y de reforestación, en general, existen pocos de manejo forestal. No obstante la deficiencia y el anarquismo existente en las instituciones forestales de estos países, se exige una compleja información para la elaboración de planes de manejo. Tales planes son realizados en teoría pero raras veces son puestos en práctica. Es necesario mejorar el control estatal de los pocos planes de manejo implementados, ya que existen serias deficiencias en cuanto a evaluación de resultados y continuidad de los mismos (De Camino, 1989).

Es del conocimiento general que la mayor parte de los bosques explotados de las regiones templadas y subtropicales de América del Sur, están en una situación crítica debido a cortas irracionales y a la ausencia de planes de manejo (Poduje, 1959). Se concluye, finalmente, que el manejo de los bosques naturales en forma económicamente rentable, socialmente aceptable y ecológicamente sostenible nunca se ha realizado en América Latina (Quiros; Finegan, 1994).

2.2.3 América Central

Los bosques naturales de América Central y Panamá cubren un área de 19 433 000 ha aproximadamente, de las cuales 15 461 000 ha (80%) son ecosistemas latifoliados y 3 972 000 ha (20%) son bosques de coníferas. Esta región es considerada el máximo reservorio genético y de biodiversidad del mundo debido a sus riquezas naturales, su inmenso potencial y a la diversidad de especies y zonas de vida presentes en sus bosques tropicales y subtropicales (CCAD, 1992).

Se estima que cada año son deforestadas en América Central cerca de 416 000 ha, equivalentes a una tasa de 48 ha/hora. Las mayores zonas dañadas son los bosques tropicales y subtropicales lluviosos. A la fecha, se considera que el 64% del área de vocación forestal se encuentra sin bosque y dos tercios de esta grave reducción ha ocurrido en la segunda parte del presente siglo. Las consecuencias de este tremendo despilfarro del recurso forestal son evidentes: erosión, inundaciones, sequías, pérdida de biodiversidad y de productividad agrícola y forestal, entre otros. Ello se traduce en una reducción de la calidad de vida de los habitantes, limitándose el desarrollo de los pueblos y acentuándose la pobreza rural (CCDA, 1992).

Tiene que aceptarse que el gran potencial que tienen los bosques centroamericanos para producir beneficios económicos, políticos y sociales no es valorado ni utilizado de manera racional y sostenible. Se considera que este potencial de producción puede ser la base de la conservación y una forma apropiada de vencer el subdesarrollo (CCDA, 1992).

En un esfuerzo por proteger y mantener los bosques naturales de la región, los servicios forestales exigen, previo a la explotación, la formulación de una cantidad considerable de planes de manejos, pero su implementación y continuidad en el terreno a mediano y largo plazo, prácticamente no existen. Con muy pocas excepciones, estos planes de manejo constituyen verdaderos modelos para desarrollar el bosque de una manera sostenida. Si los resultados de este esfuerzo técnico y económico todavía no se observan en la obtención de más y mejores bosques es porque tales planes, simple y llanamente, se han traducido en planes de corta.

Casi todos los bosques naturales de coníferas de la región subtropical de América Central están, a la fecha, en una delicada situación desde el punto de vista de su productividad. En la mayoría de los sitios tales ecosistemas deberían contener, en promedio, entre 150 y 200 árboles por ha a la edad de rotación, estimada en unos 40 años. Si, en promedio, un árbol produce 1 m³ de madera en rollo, debería esperarse un rendimiento de 150 a 200 m³/ha, a los 40 años.³ En los actuales momentos el volumen de madera en pie, de estos bosques, oscila aproximadamente entre 50-75 m³, con un volumen comercializado de 42.5 m³/ha (FAO, 1981).

Dentro del contexto regional centroamericano, los pinares nativos de Honduras están en términos de su productividad en un estado realmente crítico. Antes de 1974, es decir, con anterioridad a la promulgación del Decreto Ley No. 103 mediante el cual se creó la Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (COHDEFOR) y se estatizó el capital vuelo a escala nacional, la extracción maderera ascendía a 2.1 millones de m³, aunque el volumen bruto real afectado fue del orden de los 4.0 millones de m³, a causa del alto porcentaje de desperdicios dejado en los bosques (50%). En 1991 la cosecha anual de los pinares descendió a 600 000 m³ de madera en rollo (PLANFOR, 1996). La pérdida de productividad de estos ecosistemas complementada con los daños ocasionados cada año por la ocurrencia de incendios de alta y media duración sobre un poco más de 1 millón de ha y con el permanente ataque de gorgojos de la corteza del pino, son claros elementos de juicio para poner en evidencia la ausencia de un manejo sostenible en los bosques de coníferas de Honduras.

2.2.4 Zamorano

La E.A.P. explotó de manera selectiva el bosque Uyuca desde el año 1943 aproximadamente, hasta 1981. En 1973 se levantó un inventario forestal pero tal información nunca se utilizó

³ AGUDELO, N. 1996. Productividad de los Pinares Nativos de América Central. Zamorano, Escuela Agrícola Panamericana. (Comunicación personal).

para la formulación de un plan de manejo. A pesar de este antecedente, el bosque fue sometido a una fuerte explotación maderera en 1979. Aunque a la fecha, se desconoce la cantidad de madera extraída, todavía son visibles las consecuencias negativas de aquella explotación. En 1982 se ejecutó un segundo inventario y con estos datos se diseñó un modelo de manejo forestal el que nunca se implementó en el terreno por desconocerse la metodología empleada (Agudelo, 1988).

Con tales antecedentes puede afirmarse que los pinares del Cerro Uyuca han experimentado una considerable erosión genética y un alto índice de degradación económica, aspectos ambos que se han extendido por un periodo superior a los 50 años (Agudelo, 1988).

La protección intensiva de los bosques de Uyuca comenzó en 1981 con la creación del Programa Forestal y su verdadero manejo despegó en 1985, cuando se levantó el primer inventario sistemático con fines de manejo sostenible. El primer modelo de manejo, basado en el rendimiento sostenido, se implementó en 1988 con una vigencia de cinco años (1988-93) (Agudelo, 1988). En 1995 se diseñó el segundo plan de manejo con una vigencia de cinco años (1995-99) (COHECO, 1995). Habrá que esperar unos pocos años para poder afirmar si este modelo de manejo es realmente sostenible o no.

2.3 SITUACION ACTUAL DE LA EXPLOTACION Y TRANSPORTE FORESTALES

Las operaciones de explotación y transporte, hasta colocar la materia prima en los centros de consumo, constituye la última fase de las prácticas silvícolas en una masa forestal (Anaya; Christiansen, 1986). El transporte forestal representa la actividad de mayor costo dentro de las operaciones de abastecimiento de productos forestales y, por lo general, es la que menor atención recibe (FAO, 1975).

Durante los últimos años en muchos países del mundo, industrializados o en desarrollo, ha ocurrido un cambio sustancial en el papel del sector forestal frente al público en general. En el pasado, en la mayor parte de los países, los bosques se manejaban con el propósito primordial de abastecer las necesidades de las industrias forestales. Hoy, en cambio, se visualiza más el uso integral del bosque y su impacto en el ambiente (Heinrich, 1984). Este cambio incluye no sólo los aspectos de biodiversidad, ecología, silvicultura y aspectos sociales del bosque sino que trasciende también a las labores de explotación de las masas y transporte de productos, ya que los métodos de cosecha del bosque son un factor relevante para garantizar la sostenibilidad o no del manejo (Anaya; Christiansen, 1986).

2.3.1 Países industrializados o desarrollados

En todos los países del globo las técnicas de explotación y transporte de productos forestales están orientadas a incrementar su producción, pero reduciendo simultáneamente el consumo de energía (Pestal, 1984).

Tanto para los países industrializados como en desarrollo es válido que el aprovechamiento forestal parcialmente mecanizado, con el empleo de motosierras y tractor arrastrador de ruedas, continúa siendo el método más económico. Sin embargo, se puede lograr al mismo tiempo aumentar la producción y ahorrar combustible en la medida en que se incrementa el aporte de trabajo manual (Pestal, 1984).

En los países industrializados las operaciones de explotación y transporte son altamente mecanizadas. En algunos países como Austria, por ejemplo, es corriente el uso de motosierras en las actividades de apeo, desrame, despunte y troceo, de tractores forestales arrastradores articulados de ruedas y de cables móviles de torre para la extracción de madera (Egger, 1984). En este territorio son preferibles aquellos métodos de aprovechamiento que dejan el suelo parcialmente cubierto con hojas, acículas, ramas y tocones, ya que la extracción total de árboles, incluyendo su tocón, conduce a una reducción del nivel de nutrientes en el suelo. No se recomiendan técnicas de arrastre que produzcan surcos en el suelo porque provocan compactación y erosión del mismo. No es aconsejable tampoco el madereo de arrastre por gravedad para grandes distancias; debe preferirse, en cambio, el arrastre cuesta arriba mediante cabrestante (Tuchy, 1984).

En zonas montañosas de algunos países de Europa se utilizan corrientemente tres métodos básicos de aprovechamiento; el método de árboles completos que consiste en el apeo con motosierra y en el transporte de los árboles enteros al sitio de transformación o a una carretera utilizando tractor arrastrador o cable. El método de troncos enteros que se fundamenta en el apeo y desrame del lado superior de la troza con motosierra y transporte de trozas hasta el lugar de procesamiento o a una carretera por medio del tractor arrastrador y transformación (troceado o tronzado y desrame) con motosierra. En la técnica de productos clasificados, con el uso de motosierra, se apean los árboles y la madera es transformada en productos clasificados en el sitio de corte; luego, los productos son transportados a carreteras con tractores arrastradores, tractores arrastradores articulados de ruedas, cabrestante de cable o arrastre manual (Egger, 1984).

Estudios sobre costos de los tres métodos indican que la técnica de productos clasificados, también llamado método convencional de aprovechamiento, es el más caro en terrenos de montaña. Los sistemas de troncos enteros y árboles completos son respectivamente, un 34% y un 30% más económicos que el aprovechamiento convencional (Egger, 1984).

A nivel de aplicabilidad de los tres métodos de aprovechamiento en el terreno, se ha demostrado que la técnica de productos clasificados es la más conveniente cuando se extraen pequeños volúmenes de madera por área de corta (hasta 150 m³) o cuando las distancias de arrastre son cortas (hasta unos 100 m). También es recomendable este método cuando los cargaderos y el terreno son difíciles o cuando se ejecutan aclareos o explotación selectiva. Ahora bien, con altos volúmenes de extracción, largas distancias de arrastre y cortes a tala rasa, es preferible emplear el método de troncos enteros. El sistema de árboles enteros requiere el uso de arrastradores más potentes debido a las pesadas cargas que deben transportarse y al fuerte rozamiento que producen las ramas en el suelo (Egger, 1984).

En muchos territorios montañosos se utilizan todavía sistemas de cables-vía y cables-grúa para el arrastre de madera. La mayoría de los cables-vía son equipos semifijos, pero si se requiere pueden ser también fijos. Son particularmente apropiados para el madereo de altiplanicies inaccesibles y de aquellos terrenos en donde no se requiera cargar a lo largo de la ruta. Como consecuencia del mejoramiento en las redes de caminos forestales, tanto en densidad como en calidad, el uso de los cables-vía ha disminuído de manera sustancial. La decadencia de empleo de estos sistemas en países con jornales altos y mano de obra escasa, se debe esencialmente al consumo de tiempo y costos de maquinaria, relativamente altos. Su utilización puede justificarse todavía en aquellos territorios con bosques productivos todavía inaccesibles, con jornales bajos y suficiente mano de obra (Meyr, 1984).

Los cables-grúa es un tipo de cable aéreo que debido a su diseño y construcción pueden transportarse, montarse y desmontarse con facilidad. Transportan madera cuesta abajo y cuesta arriba y permiten, por lo tanto, la carga y descarga en cualquier sitio a lo largo de las rutas. Son muy útiles en terrenos difíciles y producen poco daño al suelo y al bosque (Meyr, 1984).

Finalmente, unos pocos países como E.E.U.U. y la ex-Unión Soviética usan en los aprovechamientos forestales transporte con globos y helicópteros. El primero puede considerarse como un desarrollo de los sistemas de cables transportadores. El transporte con globos requiere altas inversiones, pueden incendiarse, es susceptible a factores atmosféricos y necesita elevada concentración y grandes volúmenes de madera. El transporte forestal con helicóptero sólo puede competir económicamente en distancias cortas (unos 500 m) (Anaya; Christiansen, 1986).

2.3.2 Países en desarrollo

En los países en cuestión se pueden diferenciar tres niveles principales en las actividades de aprovechamiento (Heinrich, 1984):

- Explotación maderera con fuerte empleo de mano de obra.
- Explotación maderera con uso de tecnología intermedia.
- Explotación maderera totalmente mecanizada.

En el primer tipo de explotación, la mano de obra constituye el insumo fundamental. En las explotaciones con tecnología intermedia se emplea mano de obra en forma limitada y se introduce maquinaria para facilitar el trabajo y mejorar la producción. Las operaciones de explotación fuertemente mecanizadas, en los países en desarrollo, combinan la motosierra para el apeo, desrame, despunte y troceo, con tractores de cadenas, arrastradores articulados y arrastrador de oruga para la extracción de trozas (Heinrich, 1984).

En la mayor parte de los países en desarrollo se utilizan en la actualidad técnicas de explotación maderera totalmente mecanizadas. No obstante, en algunos territorios se emplean

todavía métodos rudimentarios de explotación forestal. Se vislumbra que en un futuro inmediato se incrementará el proceso de mecanización de las actividades forestales en el campo (Overgaard, 1975).

Se debe enfatizar que en las regiones tropicales y subtropicales del mundo en donde se encuentran enclavados casi todos los países en desarrollo, "las operaciones de aprovechamiento y transporte de los productos primarios de los bosques naturales son altamente destructoras, dispendiosas, primitivas y deficientes, si se comparan con las de los países industrializados" (Bene; Beall; Coté, 1978).

Para estos territorios debe investigarse hasta dónde pueden modernizarse las actividades madereras mediante métodos que requieran bajo consumo de energía y de capital y que, simultáneamente, garanticen un elevado índice de empleo. Se debe tener en cuenta que las primitivas técnicas de explotación, muchas de ellas todavía en uso, han llegado a ser prohibitivas en cuanto a costos y el trabajo maderero manual es considerado como una etapa regresiva y socialmente inaceptable. Por tanto, el mejoramiento de los sistemas de aprovechamiento forestal es una necesidad urgente (Bene; Beall; Coté, 1978).

2.3.3 Zamorano

En Honduras, como en los demás países en desarrollo, se aplican en la actualidad sistemas de explotación forestal que consumen demasiada mano de obra, otros que usan tecnología intermedia y otros que son totalmente mecanizados. En los bosques de producción de la Escuela se ha empleado y se utiliza a la fecha un nivel de explotación de tecnología intermedia, que combina el uso de animales de tiro con mano de obra y cierto tipo de maquinaria especializada.

De las explotaciones comerciales que se tienen conocimiento y después de haberse construido la red vial del Cerro Uyuca, hecho que data de la década del 70, se sabe que la institución combinó hasta 1981 el apeo mecanizado con motosierra, el arrastre de madera desde el sitio de apeo a los cargaderos o transporte menor con tractor de oruga, bueyes y/o fuerza humana. A principio de la década del 80 se hizo una explotación maderera en la que el arrastre se hizo con bueyes y un cable-vía de fabricación inglesa, con una longitud de arrastre de 400 m en línea recta. El cable era propiedad de la Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR) y fue prestado a Zamorano con propósitos académicos/comerciales.

A partir de 1981 se elimina por completo el tractor de oruga en las operaciones de arrastre y es sustituido por bueyes, búfalos y unimog forestal. El arrastre por medio de fuerza humana sólo se utiliza de manera parcial, principalmente con trocería pequeña (postes y leña).⁴

⁴ AGUDELO, N. 1996. Síntesis de 15 años de explotación forestal en los pinares nativos del Cerro Uyuca. Zamorano, Escuela Agrícola Panamericana. (Comunicación personal).

II. MATERIALES Y METODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1.1 Aspecto Legal

3.1.1.1 Ubicación geográfica: El bosque de Uyuca se encuentra ubicado entre los 14° 00' 11" y los 14° 01' 49" N y entre los 87° 01' 40" y los 87° 05' 00" W, Departamento de Francisco Morazán, Honduras, Centro América. (Figura 1).

Límites: El Uyuca limita al Norte con la quebrada Agua Amarilla, ejidos del Municipio de San Antonio de Oriente, Aldea Joya Grande y con varios propietarios particulares. Al Sur, con terrenos ejidales del Municipio de Tatumbá, Cerro Caculetepe y la Aldea El Chagüite. Al Este, con tierras de la Escuela Agrícola Panamericana y al Oeste con ejidos de Tatumbá.

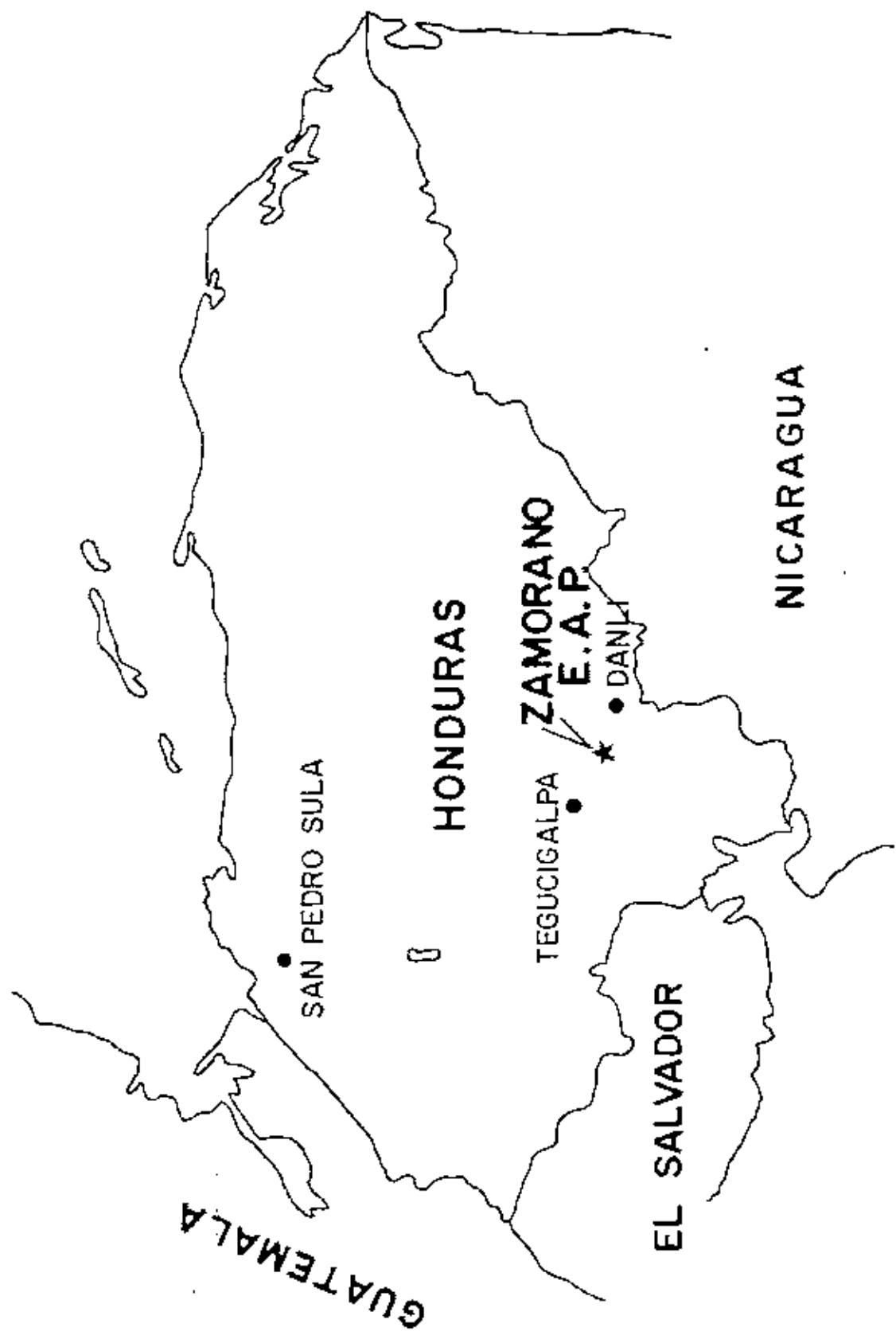
3.1.1.2 Uso actual de la tierra: El bosque del Uyuca pertenece a la E.A.P. Todos sus terrenos siempre tuvieron uso forestal y en la actualidad tres zonas están claramente delimitadas a nivel de mapas topográficos y campo: Zona de Producción (madera, postes, leña, semilla, etc.), Zona de Amortiguamiento o Zona Forestal Protegida y Núcleo de la Reserva Biológica (protección absoluta).

La Reserva Biológica fue declarada como tal mediante Acuerdo Presidencial No. 1348 del 10 de octubre de 1984 y Decreto del Congreso Nacional No. 211-85, del 12 de noviembre de 1985 (Agudelo, 1988).

3.1.2 Aspectos físicos

3.1.2.1 Altitud, relieve, clima y ecología:

Altitud: El área se extiende desde el valle de El Zamorano, a una altura de 800 msnm hasta 2000 msnm en el Cerro Uyuca.



Figuro 1. Ubicación de la zona de estudio en la República de Honduras

Relieve: El bosque de Uyuca es una franja de forma rectangular orientada de Este a Oeste, la mayoría de ésta está ubicada en posición barlovento con respecto a los vientos Alisios del Noreste.

El 46% de las tierras de esta zona tiene pendientes inferiores a 27% y el otro 54% con pendientes entre el 28 y el 80% (Agudelo, 1988).

Clima: Según la estación climatológica El Zamorano, la precipitación promedio total anual en las partes más bajas del bosque es de 938 milímetros, distribuidos aproximadamente entre mayo y octubre. La temperatura media anual es de 23.2° C, con diferencias entre el mes más caliente (mayo) y el mes más frío (enero) de 4° C.

La humedad relativa media anual es de 69.5%. Conforme incrementa la altura también aumenta la precipitación, con un máximo de más de 2000 mm anuales en las partes más elevadas del Cerro Uyuca, cubiertas con bosque latifoliado nublado (Agudelo, 1988).

También, el incremento en altura trae consigo una disminución en la temperatura, pues los estudios señalan que a 1500 m de altura las temperaturas de los termómetros seco y húmedo son de 21° C y 15.7° C respectivamente, mientras que a los 2000 m son de 17.2° C y 14.3° C (Agudelo, 1988).

Ecología: En el bosque del Uyuca se encuentran tres zonas de vida: bosque húmedo subtropical (bh-S), bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-MBS) y bosque muy húmedo montano bajo subtropical (bmh-MBS).

Bosque húmedo subtropical (bh-S): Es la zona de vida con mayor superficie de bosque y se extiende aproximadamente desde los 900 ó 1000 m de elevación hasta los 1400 ó 1500 m. Es una zona cubierta casi totalmente con rodales naturales de *Pinus oocarpa*.

Bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-MBS): Esta zona de vida ocupa una pequeña faja que comprende desde los 1400 ó 1500 m de altura hasta más o menos los 1700 m. Esta zona contiene al *Pinus maximinoi*.

Bosque muy húmedo montano bajo subtropical (bmh-MBS): Se extiende desde los 1700 hasta los 2000 m de altitud. Es el área ocupada por el bosque latifoliado nublado (Agudelo, 1988).

3.1.2.2 Vegetación: La vegetación que predomina en las partes más bajas es el bosque mixto (que se encuentra en un rango aproximado que va desde los 900 m hasta los 1500 m de altura), constituido básicamente por *Pinus oocarpa* (ocote) asociado con *Quercus peduncularis* var. *sublanosa* (roble), *Q. oleoides* (encino), *Q. hondurensis* (curtidor), *Cochlospermum vitifolium* (berbería), *Byrsonyma crassifolia* (nance), *Lysiloma suemannii* (quebracho), *Dodonaea viscosa* (malacatillo) y un denso sotobosque del pasto *Hyparrhenia*

rufa (jaragua). En esta zona, sobre suelos pedregosos, se encuentran también rodales puros de *Q. oleoides* (encino). Rodales casi puros de *P. oocarpa* están dispersos a través de esta área.

La flora cambia drásticamente entre los 1500 m y los 1700 m de elevación. El *Pinus maximinoi* (pinabete) es la especie dominante en masas puras o mezclado con otras plantas. Entre los 1400 y los 1500 m aproximadamente se encuentra un híbrido natural entre *P. oocarpa* y *P. maximinoi* mezclado con *Liquidambar styraciflua* (liquidámbar), *Q. peduncularis* (roble), *Quercus spp.*, *Clethra macrophylla* (álamo blanco), *Rhus striata* (brujo), *Lippia substrigosa*, *Myrica cerifera* (cera vegetal) y *Vismia mexicana* (achiotillo). En esta faja el sotobosque está compuesto en su mayoría por arbustos pertenecientes a las familias Papilionaceae, Compositae y Melastomaceae.

Los rodales casi puros de *Pinus maximinoi* se encuentran agrupados en las partes más bajas de esta faja (desde los 1700 hasta los 2000 m de altitud), mientras que en los lugares más elevados se halla un bosque latifoliado nublado casi virgen. Entre las especies más comunes están: *Synardisia venosa* (uva), *Hedyosmum mexicanum* (piña, palo de agua), *Quercus peduncularis* (roble), *Quercus trichodonta*, *Dendropanax gonatopodus* (cuajada), *Persea schiedeana* (aguacate), *Ilex chiapensis* (limoncillo), *Podocarpus oleifolius* (chilca, ciprés de montaña), *Alsophila salvinii* (canastillón, panza de mono), *Ilex williamsii*, *Olmediella hetschleriana* (manzanote, naranjo de monte, roble espinoso), *Gaultheria odorata* (matapalo), *Befaria guatemalensis*, *Citharexylum caudatum*, *Oreopanax xalapensis* (flor de olote, mano de león, olotillo), *Parathesis vulgata*, *Persea americana var. nubigena* (aguacate), *Phoebe helicterigolia*, *Phyllonoma laticuspis*, *Trophis chorizantha*, *Inga nubigena*, *Carpinus caroliniana var. tropicalis* (espiga de trigo, mora, oreja de mula), *Cleyera thecoides* (limoncillo), *Cornus disciflora* y *Lippia substrigosa* (Agudelo, 1988).

3.2 METODOLOGIA DE LEVANTAMIENTO

3.2.1 Determinación de costos de apeo, desrame, despunte y troceo

En el apeo se cronometró el tiempo exacto desde que el operador de la motosierra comenzó a cortar el árbol hasta que éste cayó.

En el desrame, despunte y troceo se cronometró el tiempo exacto desde que el operador de la motosierra comenzó la operación hasta terminar.

Tanto en éstas como en las demás actividades de la presente explotación forestal todos los árboles apeados eran de tamaño comercial aserrable, con un dap mínimo de 25 cm.

3.2.2 Descripción de tiempos

Para la descripción de los tiempos se utilizó la metodología empleada por Rodríguez, en el estudio de Extracción de Trozas Mediante Bueyes y Tractores Agrícolas (FAO, 1984).

Los tiempos fueron transformados a centésimas de minutos para utilizarlos posteriormente en los cálculos.

Se tomó en cuenta los tiempos de los movimientos efectuados en las operaciones de madereo, incluyendo tiempos normales y suplementarios.

Los tiempos considerados en este estudio fueron:

3.2.2.1 Tiempo normal: Es el tiempo exacto necesario para realizar una actividad dentro de las operaciones de extracción de madera.

3.2.2.2 Tiempo suplementario: Es el tiempo exacto de los retrasos en el madereo ocasionados por suplementos por fatiga, necesidades personales o demora (Cardiel, 1974) (FAO, 1970). Dichos tiempos son:

Suplemento por fatiga: Es el tiempo que toman los trabajadores para su descanso o el de los animales durante las operaciones de madereo, excluyendo el tiempo de alimentación.

Suplemento por necesidades personales: Es el tiempo que ocupan los trabajadores para satisfacer sus necesidades fisiológicas, entre otras.

Suplemento por demoras: Es el tiempo de atraso ocasionado por obstáculos, ajuste de accesorios de los animales o del unimog forestal, descanso de animales, instrucciones, entre otros.

3.2.3 Descripción de movimientos

Los movimientos considerados en las operaciones de madereo fueron los mismos propuestos por (Anaya, 1975); (Bezada; Frisk, 1980); (Córdova; Frisk, 1980), sólo que adaptados al tipo de animales y maquinaria empleados en el presente estudio. Dichos movimientos son:

3.2.3.1 Viaje sin carga: Es el movimiento del búfalo o unimog forestal desde el lugar de acopio hasta el lugar de corta.

3.2.3.2 Carga: Es el amarre de la troza o trozas para ser arrastradas con cadenas (búfalos) o cables de acero (unimog forestal).

3.2.3.3 Viaje con carga: Es el arrastre de trozas mediante búfalos o unimog forestal desde el lugar de corta hasta el lugar de acopio o bacadía a la orilla de un camino forestal.

3.2.3.4 Descarga: Consiste en el desamarre de la troza o trozas que han sido arrastradas por medio de búfalos o unimog forestal.

3.2.4 Determinación de tiempos

El sistema que se utilizó en el estudio fue el de "cronometraje con vuelta a cero" (Morrow, 1957) (OIT, 1970). Este consiste en tomar de manera sucesiva el tiempo exacto de cada uno de los movimientos de madereo antes mencionados. Se mide el tiempo del primer movimiento, se registra el dato en la libreta de campo, se vuelve a cero el cronómetro y se continúa con la medición del tiempo de la siguiente actividad del ciclo de trabajo. Esta rutina se repite, una y otra vez, hasta conseguir una cantidad suficiente de datos de manera tal que proporcionen resultados estadísticamente representativos.

3.2.5 Transporte menor con búfalos

La E.A.P. introdujo los búfalos de agua asiáticos (*Bubalus bubalis*) en el año 1984. Desde 1984 aproximadamente, el Programa Forestal ha tenido y entrenado búfalos de las razas Carabao y Murrah para el arrastre de madera en rollo. Los animales adultos de ambas razas, a una edad promedio de 3 1/2 años, son de tamaño regular, con un peso entre 1900 a 2100 lb. Para propósitos madereros y con el fin de tener mayor docilidad de los mismos, éstos son castrados antes del entrenamiento en arrastre.

Los búfalos son entrenados y conducidos por un boyero mediante una vara y una argolla de bronce colocada en la nariz para facilitar su manejo. Para el arrastre de madera se les equipa con un collar con cadenas y se halan mediante una soga amarrada a la argolla colocada en la nariz.³

Para el estudio se utilizó, además de los animales y los boyeros, cintas métricas de 30 y 50 m, clinómetros, cronómetros y libreta de campo.

El procedimiento en el terreno fue el siguiente:

Con el cronómetro se midió y registró el tiempo exacto de cada una de las operaciones del ciclo maderero (viaje sin carga, carga, viaje con carga y descarga). Luego se midió y registró la distancia de arrastre en metros y el porcentaje de pendiente, con cinta métrica y clinómetro, respectivamente. Una vez terminado el proceso, se continuó con la toma y registro de datos del siguiente ciclo. Debe enfatizarse que el arrastre de madera con búfalos se realiza con un solo animal, a diferencia del madereo con bueyes que se ejecuta con dos animales (una yunta).

3.2.6 Transporte menor con unimog forestal

El unimog forestal, es un tractor Mercedes Benz, de fabricación alemana, modelo 1985, con un motor diesel de 2600 cc y 75 HP de potencia. Dicho vehículo consta de doble tracción con

³ SUAZO, A. 1996. Generalidades acerca de los búfalos. Zamorano, Escuela Agrícola Panamericana. (Comunicación personal).

bloqueo asistido y con algunos implementos especiales para maderero como un winche trasero doble (dos cables), de funcionamiento neumático (en base a aire), con cables de acero de 3/4 de pulgada de grosor y 90 m de longitud, utilizados para el arrastre de madera. Un winche delantero sencillo de funcionamiento mecánico, con un cable de acero de 3/4 de pulgada de grosor y 45 m de longitud, empleado en maderero en forma auxiliar. También consta de una plataforma o plancha hidráulica de enganche, en la parte trasera, que funciona como anclaje del vehículo al terreno en el momento del arrastre.

El funcionamiento del unimog forestal requiere básicamente de tres operadores, un conductor y dos personas que manipulan los cables. Cada uno de éstos permite el arrastre de una o más trozas desde el sitio de corta hasta la bacadía o lugar de acopio.⁶

En el estudio con unimog forestal se empleó, además de los operarios especializados, cintas métricas de 30 y 50 m, clinómetros, cronómetros y libreta de campo.

El procedimiento en el terreno fue el siguiente:

Con el cronómetro se midió y registró el tiempo exacto de cada una de las operaciones del ciclo maderero (viaje sin carga, carga, viaje con carga y descarga). El unimog se dirige hasta un lugar en donde le sea posible alcanzar las trozas con los cables. Una vez estacionado, los operadores halan los cables hasta las trozas, las amarran y se inicia el arrastre de éstas poniendo en funcionamiento el winche trasero. Una vez que las trozas llegan al unimog, se suspenden levantando la plancha hidráulica trasera para evitar el roce de la parte anterior de éstas con el suelo y reducir daños al terreno. Luego, el unimog se dirige hacia el lugar de acopio y se completa un ciclo de trabajo. Después de cada operación de arrastre, se midió y registró la distancia de arrastre en metros y el porcentaje de pendiente, con cinta métrica y clinómetro, respectivamente. Una vez terminado el proceso, se continuó con la toma y registro de datos del siguiente ciclo.

3.3 METODOLOGIA DE EVALUACION

3.3.1 Costos de apeo, desrame, despunte y troceo

Para la determinación de costos de estas faenas forestales se emplearon los registros de tiempo y el costo horario de trabajo de operador y motosierra que tiene vigente el Departamento de Recursos Naturales y Conservación Biológica. Los costos y los datos de las operaciones de apeo, desrame, despunte y troceo se pueden apreciar en los Anexos 1 y 2, respectivamente.

⁶ URQUIZA, M. 1996. Generalidades acerca del unimog forestal. Zamorano, Escuela Agrícola Panamericana. (Comunicación personal).

Todos los costos se determinaron por medio de:

$$C_o (a.d.d. t) = (m) (m.o) (t)$$

Donde:

- m = costo de motosierra, por minuto. *
 m.o. = costo de mano de obra, por minuto.
 t = tiempo medio de la operación, en centésimas de minuto.

* La determinación de costos por minuto de operación de motosierra, se determinó de la misma manera que en unimog forestal (Ver secciones 3.3.3.5 y 3.3.3.6).

3.3.2 Transporte menor con búfalos

Los datos utilizados en las fórmulas para la determinación de costos en maderero con búfalos pueden apreciarse en los Anexos 3 y 4. La información de campo levantada aparece en el Anexo 5.

3.3.2.1 Velocidad y carga: Para estimar la velocidad media de arrastre con carga y sin carga se utilizó la fórmula de la velocidad:

$$V = \frac{d}{t}$$

Donde:

- V = velocidad media de arrastre, en metros por segundo.
 d = distancia media de arrastre, en metros.
 t = tiempo medio de arrastre, en centésimas de minuto.

La carga media arrastrada se obtuvo por medio de un promedio aritmético de los volúmenes arrastrados por cada animal.

3.3.2.2 Determinación de tiempos:

Tiempo por ciclo de trabajo: El tiempo por ciclo de trabajo es la suma de tiempos del total de operaciones del ciclo maderero con búfalos. Con estos animales las distancias de arrastre mínima y máxima fueron de 25 m y 140 m, respectivamente

Análisis estadístico: En el maderero con búfalos se tomaron 89 datos de ciclos de trabajo en el campo y con base en éstos se calculó la pendiente media del terreno, distancia media de arrastre, volumen medio de trozas arrastradas y tiempo promedio de los ciclos.

Se estableció una regresión múltiple en la que se incluyeron los valores medios de las variables distancia, pendiente y volumen. Se probaron modelos lineales, cuadráticos y cúbicos y se escogió el de mayor ajuste, el de mejor R^2 ajustado y el de mejor C.V.

Para el método de arrastre con búfalos los datos se analizaron con el paquete estadístico "Statistical Analysis System" (SAS).⁷ Véase Anexo 9.

Tiempo por metro cúbico: Es el tiempo necesario para llevar al cargadero un metro cúbico de madera.

Se obtuvo mediante la fórmula:

$$T(m^3) = \frac{t}{v}$$

Donde:

$T(m^3)$ = tiempo por metro cúbico.

t = tiempo por ciclo de trabajo, en centésimas de minuto.

v = volumen promedio de carga, en metros cúbicos. *

* El volumen con corteza de cada troza se determinó por medio de la fórmula de Smalian.

3.3.2.3 Rendimiento: Es la cantidad de madera expresada en m^3 que transportan los búfalos.

Se utilizó el siguiente modelo:

$$R = \frac{60 v}{t}$$

Donde:

R = rendimiento, en metros cúbicos por hora.

v = volumen promedio de carga, en metros cúbicos.

t = tiempo por ciclo de trabajo, en centésimas de minuto.

60 = 60 minutos/h.

⁶ GOMEZ, F. 1996. Análisis estadístico por medio del "Statistical Analysis System" (SAS). Zamorano, Escuela Agrícola Panamericana. (Comunicación personal).

3.3.2.4 Costos por unidad de volumen: Son los costos de los recursos empleados en el madereo por unidad de tiempo.

Se determinó por medio de:

$$C (m^3) = \frac{Ch}{R}$$

Donde:

- $C(m^3)$ = costos por metro cúbico.
 Ch = costo horario de los recursos empleados.
 R = rendimiento, en metros cúbicos por hora.

3.3.2.5 Costos fijos:

Interés: Es el valor que se paga por utilizar una cantidad de dinero prestado.

Se calculó mediante fórmula:

$$I = \frac{(Va + Vb) T}{100 U}$$

Donde:

- I = costo de interés.
 Va = valor de compra de los accesorios.
 Vb = valor de compra y crianza de un búfalo.
 T = tasa de interés (35%).
 U = horas de trabajo anual.

Costo de depreciación: Es la cantidad de dinero amortizado por la depreciación de los accesorios empleados en el madereo.

El modelo utilizado fue:

$$Cd = \frac{Va}{NU}$$

Donde:

Cd	=	costo de depreciación, por hora.
Va	=	valor de compra de los accesorios.
N	=	vida útil de los accesorios, en años.
U	=	uso anual, en horas.

Costo de alimentación normal: Son los gastos por la alimentación de los búfalos. La alimentación se basa en pasto, concentrado y agua.

Costo de medicamentos y veterinario: Son los gastos por medicamentos, tratamientos y atención veterinaria.

Tales costos se obtuvieron por medio de:

$$C_m = \frac{V_b}{U} \times 0,05$$

Donde:

C _m	=	costo de medicamentos, por hora.
V _b	=	valor de compra y crianza de un búfalo.
U	=	trabajo anual, en horas.

Costo de mortalidad: Es el costo que implica la muerte de un animal a causa de accidente o enfermedad.

Se calcula aplicando el mismo modelo del inciso anterior.

3.3.2.6 Costos variables: Costo de la mano de obra: es el gasto en el salario del boyero (guía de los búfalos), incluyendo todos los beneficios y derechos que le da el estado.

3.3.3 Transporte menor con unimog forestal

Los datos empleados en las fórmulas para la determinación de costos en madereo con unimog, se pueden apreciar en los Anexos 6 y 7. La información de campo levantada aparece en el Anexo 8.

3.3.3.1 Velocidad y carga: Los datos empleados en las fórmulas para la determinación de costos en madereo con unimog, se pueden apreciar en los Anexos 6 y 7. La información de campo levantada aparece en el Anexo 8.

Para estimar la velocidad media de arrastre con carga y sin carga se utilizó la fórmula de la velocidad:

$$V = \frac{d}{t}$$

Donde:

- V = velocidad media de arrastre, en metros por segundo.
 d = distancia media de arrastre, en metros.
 t = tiempo medio de arrastre, en centésimas de minuto.

La carga media arrastrada se obtuvo por medio de un promedio aritmético de los volúmenes arrastrados por cada animal.

3.3.3.2 Determinación de tiempos: Tiempo por ciclo de trabajo: es la suma de todos los tiempos de las operaciones del ciclo maderero con unimog forestal. Con esta máquina las distancias de arrastre mínima y máxima fueron de 30 m y 210 m, respectivamente.

Análisis estadístico: Para determinar el tiempo por ciclo de trabajo para el unimog forestal se siguió la misma metodología que se utilizó en búfalos.

Para este tipo de máquina se tomaron 73 datos de ciclos de trabajo en el campo y se estimó la pendiente media del terreno, distancia media de arrastre, volumen medio de trozas arrastradas y tiempo promedio de los ciclos.

El modelo de regresión empleado en este caso fue similar al de búfalos (Véase sección 3.3.2.2).

Tiempo por metro cúbico: Es el tiempo necesario para llevar al cargadero un metro cúbico de madera.

Se calculó por medio de la fórmula:

$$T(m^3) = \frac{t}{v}$$

Donde:

- T(m³) = tiempo por metro cúbico.
 t = tiempo por ciclo de trabajo, en centésimas de minuto.
 v = volumen promedio de carga, en metros cúbicos.

3.3.3.3 Rendimiento: Es la cantidad de metros cúbicos de madera transportados por hora. Se utilizó el siguiente modelo:

$$R \text{ (m}^3\text{/h)} = \frac{60 v}{t}$$

Donde:

- R = rendimiento, en metros cúbicos por hora.
 v = volumen promedio de carga, en metros cúbicos.
 t = tiempo por ciclo de trabajo, en centésimas de minuto.
 60 = 60 minutos/h.

3.3.3.4 Costos por unidad de volumen: Son los costos de los recursos empleados por unidad de tiempo.

Se obtuvieron mediante la fórmula:

$$C \text{ (m}^3\text{)} = \frac{C_h}{R}$$

Donde:

- C (m³) = costos por metro cúbico.
 C_h = costo horario de los recursos empleados.
 R = rendimiento, en metros cúbicos por hora.

3.3.3.5 Costos fijos:

Interés: Es el valor que se paga por utilizar una cantidad de dinero prestado.

Para su determinación se utilizó la fórmula:

$$I = \frac{(V_i + V_f) 35}{U 200}$$

Donde:

- I = costo de interés.
 Vi = valor inicial del unimog.
 Vf = valor de reventa o valor final del unimog.
 U = uso anual del unimog, en horas.
 35 = tasa de interés (35%).

Depreciación: Es la cantidad de dinero amortizada por la depreciación de los materiales empleados.

Su estimación se hizo en base a:

$$Ca = \frac{Vi - (Vf + Vn)}{NU}$$

Donde:

- Ca = costo horario de depreciación.
 Vi = valor de compra del unimog.
 Vf = valor de reventa del unimog.
 Vn = valor de reemplazo de los neumáticos.
 N = vida útil del unimog, en años.
 U = uso anual del unimog, en horas.

Patente: Son los gastos de matrículas del unimog. Estos no se incluyeron en el presente estudio debido a que en Honduras los vehículos agrícolas están exentos de pago de matrícula.

3.3.3.6 Costos variables:

Reparaciones: Son los gastos de reparación del unimog e incluye repuestos y mano de obra. Se usó el factor de reparación de 90% que implementó Caterpillar (1975) para los vehículos forestales (categoría C) que trabajan en zonas de topografía bastante irregular.

El cálculo de esta variable se hizo por medio de:

$$Cr = \frac{(Vi - Vn) r}{NU}$$

Donde:

Cr	=	costo de reparación, por hora.
Vi	=	valor de compra del unimog.
Vn	=	valor de reemplazo de los neumáticos.
N	=	vida útil del unimog, en años.
U	=	uso anual del unimog, en horas.
r	=	factor de reparación = 90% = 0.90

Neumáticos: Es el costo del reemplazo de neumáticos y se determinó con la fórmula:

$$C_n = \frac{V_n}{N}$$

Donde:

Cn	=	costo de los neumáticos, por hora.
Vn	=	valor de reemplazo de los neumáticos.
N	=	vida útil de los neumáticos, en horas.

Combustible: Es el costo del combustible por hora.

Su valor se obtuvo por medio de:

$$C_c = C_h \times V_c$$

Donde:

Cc	=	costo de combustible, por hora.
Ch	=	consumo de combustible, por hora.
Vc	=	valor del combustible, por litro.

Lubricantes, filtros y grasa: Incluye los costos de lubricantes y demás insumos requeridos para el buen funcionamiento del vehículo.

Mantenimiento: Son los costos por el tiempo y servicio de mantenimiento.

Costo de la mano de obra: Son los salarios del conductor y de los dos ayudantes necesarios para el madereo.

3.3.4 Determinación de la distancia óptima de arrastre con búfalos y unimog forestal

Para obtener la distancia óptima de arrastre, tanto con búfalos como con unimog, es decir, aquel trayecto comprendido entre el costo mínimo y el costo máximo de arrastre, se procedió de la siguiente manera:

- A las ecuaciones de costos por unidad de volumen, para cada sistema de arrastre, expresadas en términos de las variables volumen medio y distancia media se les determinó su primera derivada. La primera derivada indica la existencia o no de un punto máximo o mínimo.
- Se comprobó la existencia o ausencia de puntos máximos y mínimos por medio de la segunda derivada. Si la segunda derivada es positiva, la función es cóncava hacia arriba y admite, por lo tanto, un mínimo. Si la segunda derivada es negativa, la función es cóncava hacia abajo y admite, entonces, un máximo.

El procesamiento de datos estuvo a cargo del Ing. Ramiro Guerrón y se utilizó para el mismo el programa DERIVE.

V. RESULTADOS

4.1 COSTOS DE LAS OPERACIONES DE APEO, DESRAME, DESPUNTE Y TROCEO

4.1.1 Costos de apeo, desrame, despunte y troceo por hora

$$\begin{aligned} Co &= (L 23.50/h) + (L 6.06/h) = \\ &= L 29.56/h \end{aligned}$$

4.1.2 Costo de apeo, desrame, despunte y troceo por árbol

$$\begin{aligned} Co \text{ (apeo)} &= (L 0.39/\text{min})(L 0.10/\text{min})(1.33 \text{ min}) = \\ &= L 0.05/\text{árbol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Co \text{ (d.d.t.)} &= (L 0.39/\text{min})(L 0.10/\text{min})(3.43 \text{ min}) = \\ &= L 0.13/\text{árbol} \end{aligned}$$

El costo medio total de las operaciones de apeo, desrame, despunte y troceo para cada árbol fue de L 0.18

4.2 TRANSPORTE MENOR CON BUFALOS

4.2.1 Velocidad y carga

En el arrastre con búfalos, las velocidades medias de los viajes sin carga y con carga fueron:

4.2.1.1 Velocidad media de viaje sin carga:

$$\begin{aligned} V \text{ (v.s.c.)} &= \frac{82 \text{ m}}{2.94 \text{ min}} = \\ &= (27.39 \text{ m/min}) / 60 \text{ s} = 0.46\text{m/s} \end{aligned}$$

4.2.1.2 Velocidad media de viaje con carga:

$$\begin{aligned}
 V \text{ (v.c.c.)} &= \frac{82 \text{ m}}{2,79 \text{ min}} = \\
 &= (29,39 \text{ m/min}) / 60 \text{ s} = 0,49 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

La carga media de arrastre de trozas con búfalos fue $0,4486 \text{ m}^3$.

El tiempo medio de carga o amarre de las trozas con las cadenas fue de $0,85 \text{ min}$ (51 s), mientras que el tiempo de descarga o desamarre fue de $0,41 \text{ min}$ (25 s).

4.2.2 Tiempos

4.2.2.1 Función para determinar el tiempo por ciclo de trabajo en el arrastre con búfalos: Fundamentado en el modelo de regresión múltiple descrito en la sección 3.2.2 se obtuvo una función de tiempo por ciclo de trabajo altamente significativa ($P_{r>F}=0,0001$). El R^2 ajustado explicó en un 67% las diferencias entre los tratamientos y presentó un C.V. de $20,39$. La hoja de salida de SAS se presenta en el Anexo 5.

La función encontrada obedeció a la forma:

$$t = 2,02 + 2,63 v + 0,001 x^2$$

Donde:

- t = tiempo por ciclo de trabajo, en centésimas de minutos.
- v = volumen medio de carga, en metros cúbicos.
- x = distancia media de arrastre, en metros.

4.2.2.2 Tiempo por ciclo de trabajo:

$$\begin{aligned}
 t &= 2,02 + 2,63 v + 0,001 x^2 \\
 t &= 2,02 + 2,63 (0,4486 \text{ m}^3) + 0,001(82 \text{ m})^2 = \\
 t &= 2,02 + 1,1798 + 6,724 = \\
 t &= 9,92 \text{ min/ciclo}
 \end{aligned}$$

4.2.2.3 Tiempo por metro cúbico:

$$T \text{ (m}^3) = \frac{9,92 \text{ m/c}}{0,4486 \text{ m}^3} = 22,11 \text{ min/m}^3$$

4.2.3 Rendimiento

$$R \text{ (m}^3\text{/h)} = \frac{60 \text{ (0.4486 m}^3\text{)}}{9.92 \text{ m}^3} = 2.71 \text{ m}^3\text{/h}$$

4.2.4 Costos por unidad de volumen

$$C(\text{m}^3) = \frac{\text{L } 42.11/\text{h}}{2.71\text{m}^3/\text{h}} =$$

$$= \text{L } 15.54/\text{m}^3 *$$

* Al momento de la publicación de este estudio el cambio oficial del Lempira con respecto al dolar de los E.E.U.U. era de L. 11.00/1\$US.

4.2.5 Costos fijos

4.2.5.1 Interés:

$$I = \frac{(\text{L } 958.00 + \text{L } 4\,500.00) 0.35}{100 (1\,300 \text{ h})} =$$

$$= \frac{\text{L } 1\,783.08}{130\,000 \text{ h}} = \text{L } 0.0147/\text{h}$$

4.2.5.2 Depreciación:

$$Cd = \frac{\text{L } 958.00}{2 \text{ años } (1\,300 \text{ h})} = \text{L } 0.37/\text{h}$$

4.2.5.3 Costo de alimentación normal:

Los insumos que involucra este costo se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Costos de alimentación normal en el madereo con búfalos.

Concepto	Costo (L/h)
Pasto	8.16
Concentrado	3.25
Agua	14.72
Mano de obra	1.69
Total	27.82

4.2.5.4 Costos de medicamentos y veterinario:

$$C_m = \frac{L\ 4\ 500,00}{1\ 300\ h} \times 0,05 = L\ 0,17/h$$

4.2.5.5 Costos de mortalidad:

$$C_m = \frac{L\ 4\ 500,00}{1\ 300\ h} \times 0,05 = L\ 0,17/h$$

4.2.6 Costos variables

4.2.6.1 Mano de obra:

$$M.O. = \frac{59\ \text{días (L 48,48)}}{211\ h} = L\ 13,56/h$$

4.2.7 Costo total del madereo con búfalos

El total de costos del madereo con búfalos se sintetiza en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Costos totales del madereo con búfalos.

Tipo de costos	Costo L/h
Costos fijos	
Interés	0.02
Depreciación	0.37
Alimentación normal	27.82
Medicinas y veterinario	0.17
Mortalidad	0.17
Costos variables	
Mano de obra	13.56
Total	42.11

4.3 TRANSPORTE MENOR CON UNIMOG FORESTAL

4.3.1 Velocidad y carga

Las velocidades del unimog forestal en las actividades de madereo en terrenos con pendiente media entre 0-17 %, fueron las siguientes:

4.3.1.1 Velocidad media de viaje sin carga:

$$\begin{aligned}
 V \text{ (v.s.c.)} &= \frac{87 \text{ m}}{5.18 \text{ min}} \\
 &= (16.81 \text{ m/min}) / 60 \text{ s} = 0.28 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

4.3.1.2 Velocidad media de viaje con carga:

$$\begin{aligned}
 V \text{ (v.c.c.)} &= \frac{87 \text{ m}}{9.15 \text{ min}} \\
 &= (9.51 \text{ m/min}) / 60 \text{ s} = 0.16 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

La carga media de arrastre de trozas con unimog forestal fue 1.1464 m³. El tiempo medio de carga o amarre de las trozas con los cables fue de 2.35 min (2'21"), mientras que el tiempo de descarga o desamarre de las trozas fue de 1.06 min (1'04").

4.3.2 Tiempos

4.3.2.1 Función para determinar el tiempo por ciclo de trabajo en el madereo con unimog forestal: Fundamentado en el modelo de regresión múltiple descrito en la sección 3.2.2 se obtuvo una función de tiempo por ciclo de trabajo altamente significativa ($P > F = 0.0001$). El R² ajustado explicó en un 77 % las diferencias entre los tratamientos y presentó un C.V. de 31.26. La hoja de salida de SAS se presenta en el anexo 2. La función encontrada obedeció a la forma:

$$t = -3.63 + 0.003 x^2 + 0.000015 x^3 + 7.77 v^2$$

Donde:

- t = tiempo por ciclo de trabajo, en centésimas de minuto.
 x = distancia media de arrastre, en metros.
 v = volumen medio de arrastre, en metros cúbicos.

4.3.2.2 Tiempo por ciclo de trabajo:

$$t = -3.63 + 0.003 x^2 + 0.000015 x^3 + 7.77 v^2$$

$$t = -3.63 + 0.003 (87m)^2 + 0.000015 (87m)^3 + 7.77 (1.1464 m^3)^2$$

$$t = -3.63 + 22.707 + 9.8775 + 10.212 =$$

$$t = 19.41 \text{ min/ciclo}$$

4.3.2.3 Tiempo por metro cúbico:

$$T (m^3) = \frac{19.41 \text{ m/c}}{1.1464 \text{ m}^3/\text{h}} = 16.93 \text{ min/m}^3$$

4.3.3 Rendimiento

$$R (m^3/h) = \frac{60 (1.1464 m^3)}{19.41 \text{ min/c}} = 3.54 \text{ m}^3/\text{h}$$

4.3.4 Costos por unidad de volumen

$$C \text{ (m}^3\text{)} = \frac{\text{L } 197,29/\text{h}}{3,54 \text{ m}^3/\text{h}} = \text{L } 55,73/\text{m}^3$$

4.3.5 Costos fijos

4.3.5.1 Interés:

$$I = \frac{(\text{L } 440\,000,00 + \text{L } 4\,400,00) 35}{2\,080 \text{ h (200)}} = \text{L } 37,39/\text{h}$$

4.3.5.2 Depreciación:

$$Ca = \frac{\text{L } 440\,000 - (\text{L } 4\,400,00 + \text{L } 7\,200,00)}{5 (2\,080 \text{ h})} = \text{L } 41,19/\text{h}$$

4.3.6 Costos variables

4.3.6.1 Reparaciones:

$$Cr = \frac{(\text{L } 440\,000,00 - \text{L } 7\,200,00) 0,9}{5 (2\,080 \text{ h})} = \text{L } 37,45/\text{h}$$

4.3.6.2 Neumáticos:

$$Cn = \frac{\text{L } 7\,200,00}{5 (2\,080 \text{ h})} = \text{L } 3,46/\text{h}$$

4.3.6.3 Combustible:

$$Cc = (20 \text{ l/h}) (\text{L } 2,88/\text{l}) = \text{L } 57,60/\text{h}$$

4.3.6.4 Lubricantes, filtros y grasa:

Los valores de estos insumos se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Costos de lubricantes, filtros y grasa en el maderero con unimog.

Insumo	Costo (L/h)
Aceite	0.38
Filtros	0.88
Grasa	0.22
Total	1.48

4.3.6.5 Mantenimiento:

$$M = \frac{(4 \text{ h})(10.4 \text{ v/año})(L 27.00)}{2\ 080 \text{ h/año}} =$$

$$M = L 0.54/\text{h}$$

4.3.6.6 Mano de obra:

$$\text{M.O.} = (3 \text{ operadores}) (L 6.06/\text{h}) = L 18.18/\text{h}$$

4.3.6.7 Costo total del maderero con unimog:

En el Cuadro 4 se sintetiza el costo total del maderero con unimog.

Cuadro 4. Costos totales del maderero con unimog.

Tipo de costo	Costo L/h
Costos fijos	
Interés	37.39
Depreciación	41.19
Costos variables	
Reparaciones	37.45
Neumáticos	3.46
Combustible	57.60
Lubricantes, filtros y grasa	1.48
Mantenimiento	0.54
Mano de obra	18.18
Total	197.29

En el Cuadro 5 se sintetizan las variables velocidad, carga, tiempos y costos para los dos sistemas de arrastre objetos del presente estudio.

Cuadro 5. Velocidad, carga, tiempos y costos en arrastre de madera con búfalos y unimog forestal.

Variable	Sistemas de arrastre	
	Búfalos	Unimog forestal
Velocidad media v.s.c	0,46 m/s	0,28 m/s
Velocidad media v.c.c.	0,49 m/s	0,16 m/s
Carga media de arrastre	0,45 m ³	1,15 m ³
Tiempo medio de carga	0,85 min	2,35 min
Tiempo medio de descarga	0,41 min	1,06 min
Tiempo por ciclo de trabajo	9,92 min/c	19,41 min/c
Tiempo por metro cúbico	22,11 min/m ³	16,93 min/m ³
Rendimiento	2,71 m ³ /h	3,54 m ³ /h
Costo por unidad de volumen	L 15,54/m ³	L 55,73/m ³
Costos fijos	L 28,55/h	L 78,58/h
Costos variables	L 13,56/h	L 118,71/h
Costos totales	L 42,11/h	L 197,29/h

4.4 DISTANCIA ÓPTIMA DE ARRASTRE

4.4.1 Búfalos

La función de costos por unidad de volumen, expresada en términos de volumen y distancia, en el caso de los búfalos, obedeció a la forma:

$$C (m^3) = \frac{Ch t}{60 v}$$

Donde:

- Ch = costo horario de los recursos empleados.
 C (m³) = costo por metro cúbico.
 t = tiempo por ciclo de trabajo.
 v = volumen promedio de carga, en metros cúbicos.

Sustituyendo las variables deseadas, se obtuvo:

$$C (m^3) = \frac{L 42,11/h (2,02 + 2,63 v + 0,001 x^2)}{60 v}$$

$$(1) \quad C (m^3) = \frac{42,11 [2,02 + (2,63 \times 0,4486) + 0,001 x^2]}{60 (0,4486)}$$

La primera derivada de esta función arrojó un valor de distancia $x = 0$. Esto significa lógicamente, que la distancia óptima de arrastre es cero, en términos matemáticos (Figura 2).

4.4.2 Unimog forestal

La función de costos por unidad de volumen, expresada en términos de volumen y distancia, en el caso del unimog forestal, obedeció a la forma:

$$C (m^3) = \frac{Ch t}{60 v}$$

Donde:

- Ch = costo horario de los recursos empleados.
 C (m³) = costo por metro cúbico.
 t = tiempo por ciclo de trabajo.
 v = volumen promedio de carga, en metros cúbicos.

Sustituyendo las variables deseadas, se obtuvo:

$$C (m^3) = \frac{L 197,29/h (+ 3,63 + 0,003 x^2 - 0,000015 x^3 + 7,77 v^2)}{60 v}$$

$$(2) \quad C (m^3) = \frac{197.29 [-3.63 + 0.003 x^2 - 0.000015 x^3 + 7.77 (1.15)^2]}{60 (1.15)}$$

La primera derivada de esta función arrojó los siguientes valores de distancia $x = 0$

$$x = \frac{400}{3} = 133 \text{ m}$$

Por tanto, la distancia óptima de arrastre con unimog forestal está comprendida entre 0-133 m, en el caso específico del presente estudio (Figura 2). Es recomendable realizar un estudio más extenso de tiempos y movimientos de búfalos y de unimog forestal.

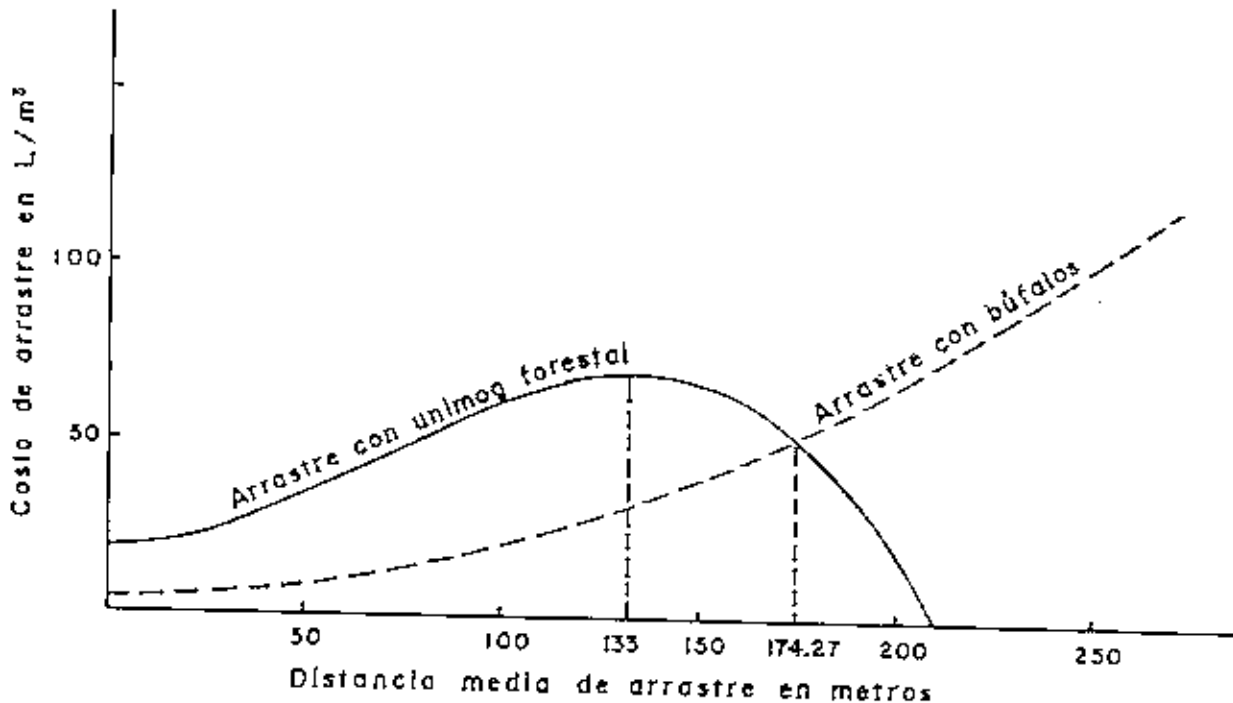


Figura 2. Costo de arrastre en L/m^3 , en función de la distancia media de arrastre y carga variable, en maderero con búfalos y unimog forestal.

4.4.3 Comparación entre distancias óptimas de arrastre, entre búfalos y unimog, con volumen de carga variable

Para poder comparar las distancias óptimas de arrastre, entre los búfalos y el unimog conservando el volumen real de carga, se igualaron las funciones de costos: $1 = 2$.

Como las ecuaciones quedaron en función de la distancia x , el punto de corte se obtuvo cuando la distancia fue de 174.27 m (Figura 2). De las gráficas se puede deducir que la distancia óptima preliminar de arrastre con búfalos está comprendida entre 0-174 m, aunque en términos estrictamente matemáticos es cero. Con un estudio más extenso se podrían dar mejores conclusiones.

4.4.3 Comparación entre distancias óptimas de arrastre, entre búfalos y unimog, manteniendo constante el volumen de carga

Puesto que cada búfalo arrastra en promedio 0.5 m^3 , éste será el volumen que se mantendrá constante. Por lógica, no puede ser la carga arrastrada por el unimog el valor constante, ya que un animal no puede transportar de manera continua 1.15 m^3 de madera.

Sobre esta base ($v = 0.5 \text{ m}^3$), las funciones de costos 1 y 2 se igualaron y se obtuvo tres valores de distancia x :

$$\begin{aligned}x &= 32.28 \text{ m} \\x &= 180.88 \text{ m} \\x &= -27.39 \text{ m}\end{aligned}$$

Importan en el análisis los valores positivos. Entre los cero y un poco menos de los 32.28 m, el arrastre con unimog es teóricamente más económico que con búfalos. Sin embargo, esto no es del todo cierto por cuanto en la mayor parte de este tramo los costos de arrastre con unimog son negativos, situación que no es realmente válida. Entre 32.38-180.88 m el transporte menor con búfalos es siempre más económico que con unimog. El arrastre de 0.5 m^3 de madera con unimog, a una distancia de 144 m, cuesta un poco más de L 100.00. (Figura 3).

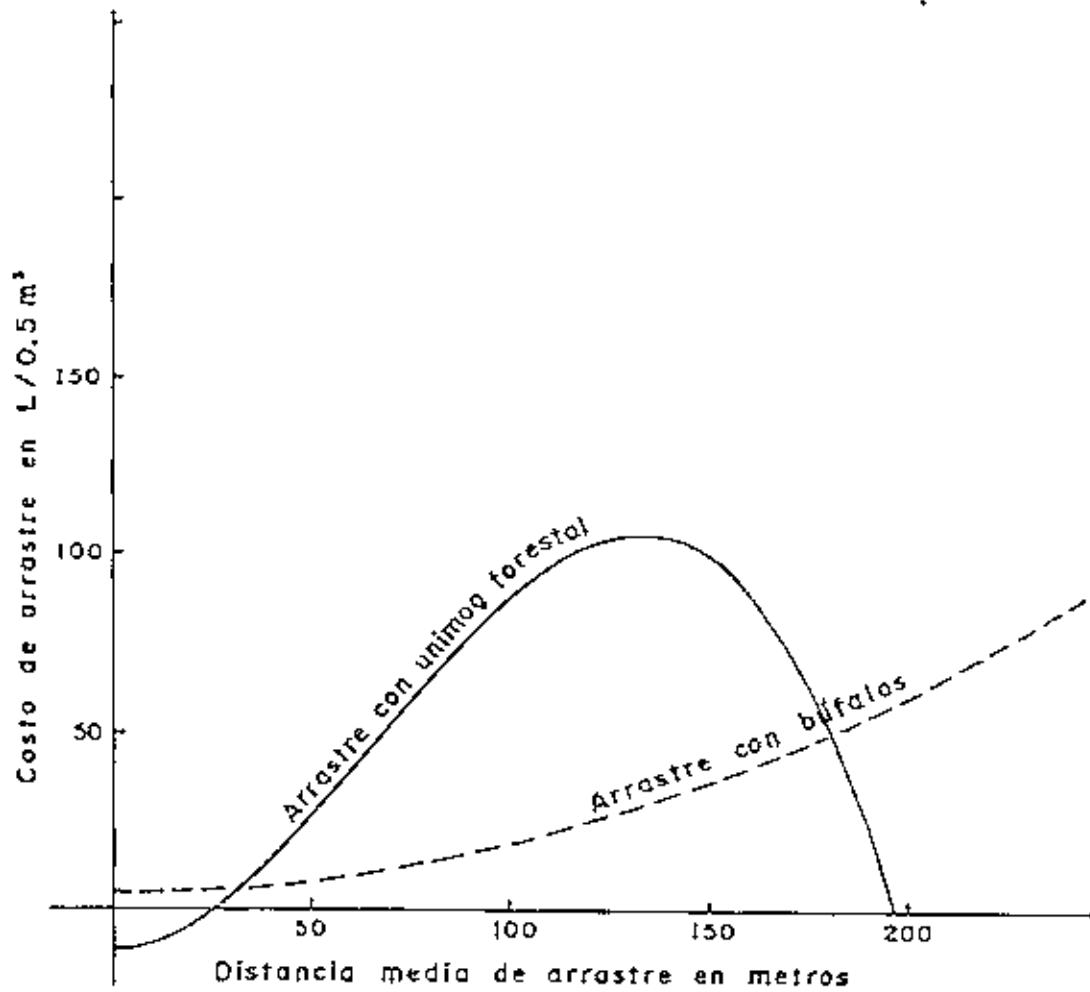


Figura 3. Custo de arrastre en L/0.5 m³, en función de la distancia media de arrastre y carga constante, en maderao con búfalos y unimog forestal.

V. DISCUSION

5.1 TRANSPORTE MENOR CON BUFALOS Y UNIMOG FORESTAL

5.1.1 Transporte menor con búfalos

En el arrastre de madera aserrable o transporte menor con búfalos, para un rango medio de pendiente del 0-13 %, la velocidad media con carga (49 cm/s), es decir, cuesta abajo, fue ligeramente mayor que la velocidad media sin carga o cuesta arriba (46 cm/s). Por lógica, la velocidad cuesta abajo debería ser mayor, de manera significativa, que la velocidad cuesta arriba. En terreno inclinado y en viaje con carga los animales deberían incrementar su velocidad, por efecto de la gravedad y menor esfuerzo físico. En el caso de este estudio las velocidades son casi iguales y esto puede explicarse por el alto peso y poco entrenamiento de los búfalos al momento del madereo.

Aunque a nivel local existe poca información disponible y comparable sobre el arrastre de madera con animales, principalmente bueyes y búfalos, la velocidad media con carga encontrada en el presente trabajo es bastante parecida a la velocidad media obtenida en Chile, para trozas aserrables y con el uso de bueyes, de 47 cm/s (Rodríguez, 1984). Debe tenerse en cuenta que el paralelo no es muy válido ya que se está comparando la velocidad de un solo animal (búfalo) contra dos bueyes (yunta).

Los búfalos arrastraron una carga promedio aproximada de 0.5 m³. Este volumen de carga es un poco inferior al reportado por Rodríguez (Rodríguez, 1984) en Chile, con el empleo de bueyes, de 0.64 m³. Esta comparación es bastante importante porque pone en evidencia la fuerte capacidad de arrastre de los búfalos. Un sólo búfalo transporta casi la carga de dos bueyes o yunta.

5.1.2 Transporte menor con unimog forestal

En el arrastre de madera aserrable con unimog, para un rango medio de pendiente del 0-17%, la velocidad media sin carga (28 cm/s) es casi el doble que la velocidad media con carga (16 cm/s). Madereos hechos con tractores agrícolas con winche, que podrían utilizarse sólo a manera de comparación, se han registrado velocidades medias sin carga de 72 cm/s y con carga de 68 cm/s (Rodríguez, 1984). De hecho, el unimog es una máquina que arrastra madera bajo condiciones muy difíciles (a veces sin vías de acceso), es mucho más pesada que un tractor agrícola y, por lo tanto, más lenta. Además de esto, el proceso de arrastre es tardado debido al movimiento de cables con y sin carga.

El unimog arrastró un volumen promedio de 1.15m^3 . Con tractores agrícolas con winche la carga media arrastrada ha sido de 0.69m^3 (Rodríguez, 1984). La menor velocidad del unimog es compensada entonces por el arrastre de una mayor carga (casi el doble si se compara con un tractor agrícola con winche).

5.1.3 Análisis del arrastre de madera con búfalos y unimog forestal

La velocidad media de arrastre del unimog, con carga y sin ella, es considerablemente más baja que la obtenida con búfalos. La baja velocidad del unimog con carga, de 16 cm/s , se debe a que la troza o cae en sitios inaccesibles o si éstos lo son puede existir un fuerte rozamiento con el terreno. En casi todos los casos la troza viene abriendo brecha: el proceso de arrastre es lento y costoso.

Ahora bien, aunque el arrastre de madera con unimog sea lento su capacidad media de carga (1.15m^3) es más del doble que la que tienen los búfalos (0.5m^3). Este es un aspecto favorable en las operaciones de maderero, máxime cuando no existen caminos secundarios o los lugares son inaccesibles para los animales.

Como es de esperarse, entonces, las actividades madereras con unimog tienen un tiempo por ciclo de trabajo dos veces más largo que el que emplean los búfalos (19.41 min/ciclo contra 9.92 min/ciclo). Sin embargo, el tiempo por metro cúbico es más alto con el empleo de búfalos (22.11 min/m^3) que con unimog (16.93 min/m^3). Ello se debe a la mayor capacidad de carga de la máquina. Este elevado volumen de arrastre se traduce también en un mayor rendimiento del unimog, de unos $0.8\text{m}^3/\text{h}$ más, comparativamente con los búfalos.

El costo de arrastre de un metro cúbico de madera en rollo con unimog forestal ($\text{L. } 55.73/\text{m}^3$) es casi 3.6 veces más alto que con búfalos ($\text{L. } 15.54/\text{m}^3$).

5.2 Distancia óptima de arrastre

En el presente estudio, manteniendo al volumen de carga variable (volumen real), la distancia óptima de arrastre con búfalos (0-174 m) es mayor que la distancia óptima con unimog (0-133 m). Tal situación parece ilógica a primera instancia. Sin embargo, la realidad demuestra que el proceso de maderero con unimog forestal es lento y costoso. Además de estos dos aspectos negativos, probablemente tanto el operador de la máquina como sus asistente (haladores de cables) no tienen el entrenamiento que requiere esta actividad forestal. Ello, obviamente, influye en los rendimientos.

La información de campo, con valores reales de volúmenes arrastrados por medio de búfalos y unimog, representada en la Figura 2, claramente demuestra que para distancias de maderero inferiores a 174 m, el costo de arrastre por m^3 con búfalos es siempre menor, de manera significativa, que el costo de arrastre con unimog. Para distancias de arrastre superiores a 174 m, el costo de arrastre por m^3 con búfalos comienza a superar el costo de arrastre con unimog.

Por otra parte, es muy probable que a partir de los 200 m, debido al tamaño y peso de los animales, el rendimiento se reduzca por simple cansancio físico. Cabe señalar que la curva de arrastre con unimog presenta un comportamiento anómalo a partir de los 133 m, punto máximo de costo. Es decir, con distancias mayores de 133 m el costo de arrastre es menor. Tal tendencia posiblemente obedezca a la carencia de datos de distancia de arrastre con unimog superiores a los 210 m. Por tanto, el presente análisis es sólo de carácter preliminar.

Ahora bien, el análisis de la distancia media de arrastre contra los costos por m^3 manteniendo una carga constante de $0,5 m^3$ (Figura 3), demuestra también que el maderco con búfalos es siempre significativamente menor que el maderco con unimog, para distancias de arrastre menores a los 174 m. Se deben excluir del análisis los valores extremos de la curva de arrastre con unimog, es decir, las distancias de arrastre menores de 32 m y mayores de 174 m. Tal exclusión se debe al comportamiento anómalo de la curva por falta de datos de campo. Es importante señalar que el arrastre de $0,5 m^3$ de madera, mediante unimog, a una distancia óptima de 133 m costaría un poco más de L. 100.00. Por tanto, el costo de arrastre de $1.0 m^3$ sería del orden de L. 200.00. Este parece ser un valor demasiado alto sólo para transporte menor.

VI. CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio permiten emitir las siguientes conclusiones:

1. El costo total de apeo, desrame, despunte y troceo por árbol fue de L 0,18. El costo total de arrastre o transporte menor de madera en rollo mediante búfalos, a una distancia óptima de arrastre de 174 m, fue del orden de L 15.54 / m³, mientras que con unimog forestal, a una distancia óptima de 133 m, fue de L 55.73/m³. Se concluye, por lo tanto, que para distancias de arrastre menores de 174 m, con un volumen variable de carga para el sistema de madereo, es más económico utilizar búfalos que unimog forestal.
2. El arrastre con búfalos tuvo un rendimiento medio de 2.71m³/h, en tanto que con unimog éste fue de 3.54 m³/h. Ello se debe, obviamente, a la mayor capacidad de carga y potencia del unimog (1.15m³) con respecto a los búfalos (0.5 m³). Según esto, si se trabajase bajo iguales condiciones de tiempo, unas 4 horas en promedio diarias, el unimog colocaría en la zona de carga un volumen medio de 14.16 m³ y los búfalos un volumen medio de 10.84 m³. Esto representa la carga para 3.5 camiones madereros de dos ejes y con capacidad de 7 toneladas de peso, considerado hasta el momento el mejor sistema de transporte mayor para el Cerro Uyuca, dadas sus actuales condiciones de pendiente y curvas horizontales.
3. A pesar del poco entrenamiento de los búfalos en arrastre de madera (poco ejercicio y exceso de peso), del mantenimiento relativamente inadecuado de los animales y de la ausencia de boyeros idóneos, su velocidad de carga es muy similar a la reportada en madereo con bueyes (una yunta). La capacidad de carga de un solo búfalo es casi igual a la de dos bueyes (una yunta) de 0.5 m³ contra 0.64 m³, respectivamente. La elevada tasa de conversión alimenticia, su baja selectividad de alimentos y su fuerte contextura física, complementados con el potencial de mejoramiento en el arrastre de madera, son claros indicadores de que los búfalos podrían fácilmente alcanzar una tasa de arrastre promedio cercana a 0.7-0.8 m³, en distancias de arrastre hacia abajo de unos 200-250 m.
4. El rendimiento del unimog de 3.54 m³/h parece ser relativamente bajo, considerando la potencia de la máquina y su versatilidad. Aunque la máquina presentó baja velocidad de carga, su productividad podría mejorarse sustancialmente si se utilizan operarios eficientes y algunas adaptaciones simples para el madereo, como una torre móvil en la plataforma del unimog, asistida con poleas localizadas en árboles mástiles. Este último aspecto reduciría de manera considerable la erosión del suelo provocada en la actualidad con la metodología de arrastre tradicional utilizada en la E.A.P.

VII. RECOMENDACIONES

1. Al Departamento de Recursos Naturales y Conservación Biológica se le sugiere tomar en consideración los resultados técnicos del presente estudio, en futuras cosechas forestales. En este sentido, el incremento del rendimiento de los dos sistemas de arrastre de madera debería ser la principal prioridad.
2. El uso de animales de tiro, particularmente búfalos, debería aumentarse en las operaciones de cosechas forestales dentro de la Escuela. El alto rendimiento de estos animales, su buena distancia de arrastre, su fácil manejo y la disponibilidad de mano de obra abundante y barata así lo demuestran. El madereo con unimog forestal, en cambio, debería hacerse solamente bajo condiciones muy difíciles. El costo de esta máquina, aunada a su baja velocidad de carga, deberían ser factores determinantes para limitar su movimiento, única y exclusivamente, a actividades de arrastre de madera.
3. Se recomienda continuar estudios que traten de llenar vacíos de la presente investigación, tales como: arrastre de madera a distancias más largas empleando los dos sistemas estudiados y arrastre de madera con bueyes.
4. Diseñar y construir una torre flotante para la plataforma del unimog y hacer las adaptaciones necesarias con poleas en árboles mástiles, tratando de simular un sistema de arrastre por cables aéreos. Determinar costos y rendimiento del nuevo modelo de arrastre.
5. Disfundir el presente trabajo en las oficinas de los servicios forestales de la región de América Central y empresa privada maderera. La información obtenida en este estudio amerita ser conocida por el personal vinculado a la explotación forestal.

VIII. LITERATURA CITADA

- AGUDELO, N. 1988. Plan de manejo para el bosque del Uyuca de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras: Primeros cinco años. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Programa Universidad de Costa Rica/Catie. 327 p.
- ANAYA, H.; CHRISTIANSEN, P. 1986. Aprovechamiento forestal: análisis de apeo y transporte. San José, Costa Rica, IICA. 249 p. (Serie de Libros y Materiales Educativos No.76).
- BENE, J.G.; BEALL, H.W.; COTE, A. 1978. El bosque tropical sobreexplotado y subutilizado. Bogotá, Colombia. Ediciones Tercer Mundo. 51 p. (CONIF: Serie técnica No.5).
- CHRISTIANSEN, P.; ANAYA, H. 1972. Aprovechamiento forestal. Transporte menor Tomo III. Análisis de costos en transporte forestal. Medellín, Colombia, Universidad Nacional. 235 p.
- CONSULTORIA HONDUREÑA EN ECODesarrollo (HONDURAS). 1995. Plan de Manejo Forestal Cerro Uyuca-Zamorano (Quinquenio 1995-1999). Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 83 p.
- DE CAMINO, R. 1989. Introducción a la planificación del manejo forestal. In II CURSO INTENSIVO INTERNACIONAL EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES NATURALES TROPICALES/ (1989, Turrialba, Costa Rica), 1989. [Informe]. Turrialba, Costa Rica, CATIE. s.p.
- DE CAMINO, R. 1989. Control del plan de manejo. In II CURSO INTENSIVO INTERNACIONAL EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES NATURALES TROPICALES/ (1989, Turrialba, Costa Rica), 1989. [Informe]. Turrialba, Costa Rica, CATIE. s.p.
- DYKSTRA, D.P.; HEINRICH, R. 1992/2. Sostenimiento de los bosques tropicales mediante sistemas de explotación ecológicamente adecuados. UNASYLVA (Italia) 43(169): 9-13
- EGGER, J. 1984. La investigación forestal en las regiones alpinas. In FAO (ITALIA). 1984. La explotación maderera de bosques de montaña. Roma, Italia. p. 3-8. (Estudio FAO: Montes 33).

- _____. Planificación de sistemas de trabajo para el aprovechamiento de madera en regiones de montaña. In FAO (ITALIA). 1984. La explotación maderera de bosques de montaña. Roma, Italia. p. 121-130. (Estudio FAO: Montes 33).
- FAO (ITALIA). 1995. Bosques y otras tierras arboladas. Estadísticas ahora para mañana (Italia). Roma, Italia. 52 p.
- FAO (ITALIA). 1981. Proyecto de evaluación de los recursos forestales tropicales; los recursos forestales de la América tropical. Roma, Italia. 343 p. (Informe Técnico 1).
- FAO (ITALIA). 1975. El transporte de la madera en países de América Latina. Roma, Italia. 478 p. (Seminario FAO/SIDA/México).
- HONDURAS. SECRETARIA DE PLANIFICACION, COORDINACION Y PRESUPUESTO; ADMINISTRACION FORESTAL DEL ESTADO/ CORPORACION HONDUREÑA DE DESARROLLO FORESTAL; SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES. 1996. Plan de acción forestal a largo plazo 1996-2015. Tegucigalpa, Honduras, s.n. 144 p.
- HEINRICH, R. 1984. Aplicación de tecnologías intermedias en el aprovechamiento de madera en países en desarrollo. In FAO (ITALIA). 1984. La explotación maderera de bosques de montaña. Roma, Italia. p. 131-146. (Estudio FAO: Montes 33).
- JANZ, K. 1993/3. La evaluación mundial de los recursos forestales de 1990: panorama general. UNASYLVA (Italia) 44 (174): 3-9
- KOROTKOV, A.V.; PECK, T.J. 1993/3. Los recursos forestales de los países industrializados: evaluación. CEPE/FAO. UNASYLVA (Italia) 44(174): 20-30
- KIERNAN, M.; PERL, M.; M'CAFFREY, D.; BUSCHBACHER, R.J.; BATMANIAN, G. 1992/2. La ordenación de los bosques naturales en América Latina: enseñanzas y ejemplos. UNASYLVA (Italia) 43(169): 16-23
- KUUSELA, K. 1992/3. Reseña de los bosques boreales. UNASYLA (Italia) 43(170): 3-13
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos; los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas - posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Trad. por Antonio Carrillo. Eschborn, Alemania, Cooperación Técnica - República Federal de Alemania. 335 p.

- MAINI, J.S. 1992/2. Desarrollo sostenible de los bosques. UNASYLVA (Italia) 43(169): 3-8
- MEYR, R. 1984. Introducción a los equipos de cable empleados para la extracción de madera. In FAO (ITALIA). 1984. La explotación maderera de bosques de montaña. Roma, Italia. p. 205-210. (Estudio FAO: Montes 33).
- OCAÑA-VIDAL, J. 1992/2. Ordenación de los bosques naturales mediante franjas protectoras. UNASYLVA (Italia) 43(169): 24-27
- OVERGAARD, J. 1975. El transporte sobre rutas, costos de explotación y tendencias de las operaciones de apeo. In SEMINARIO FAO/SIDA/MEXICO SOBRE EL TRANSPORTE DE LA MADERA EN PAISES DE AMERICA LATINA. (1975, OAXTEPEC, MEX.). 1975. [Informe]. Roma, Italia, FAO. p. 47-56
- PESTAL, E. 1984. Técnicas de aprovechamiento de madera dirigidas al aumento de producción de madera y al ahorro de energía. In FAO (ITALIA). 1984. La explotación maderera de bosques de montaña. Roma, Italia. p. 115-130. (Estudio FAO: Montes 33).
- PODUJE, L. 1959. El bosque de la zona templada y subtropical de la América del Sur y su ordenación. In CURSO INTERNACIONAL DE DASONOMIA (1959, VALDIVIA, CHILE). 1959. [Informe]. Turrialba, Costa Rica, IICA. p. 1-6
- SEMINARIO FAO/SIDA/MEXICO SOBRE EL TRANSPORTE DE LA MADERA EN PAISES DE AMERICA LATIVA. (1975, OAXTEPEC, MEXICO). 1975. [Informe]. Roma, Italia, FAO. 478 p.
- QUIROS, D.; FINEGAN, B. 1994. Manejo sustentable de un bosque natural tropical en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 34 p. (Serie técnica. Informe técnico/CATIE No.225).
- RODRIGUEZ, O. 1984. Extracción de trozas mediante bueyes y tractores agrícolas. Roma, Italia, FAO. 104 p. (Estudio FAO: Montes 49).
- SINGH, K.D. 1993/3. La evaluación de los recursos forestales tropicales de 1990. UNASYLVA (Italia) 44 (174): 10-19
- TUCHY, E. 1984. Las actividades forestales y la ecología en las zonas de montaña. In FAO (Italia). 1984. La explotación maderera de bosques de montaña. Roma, Italia. p. 9-14. (Estudio FAO: Montes 33).

IX. ANEXOS

Anexo 1. Costos fijos y variables en operaciones madereras con motosierra.

Variable	Valor
Valor inicial de motosierra	L 10 230,00
Valor de remplazo de la espada	L 827,00
Uso anual de motosierra	1040 h
Vida útil de la motosierra	2 años
Factor de reparación	90 %
Consumo de combustible por hora	1 1/2 l
Costo de litro de gasolina	L 3,82
Consumo de aceite 2 tiempos	0,05 l/h
Costo de litro de aceite 2 tiempos	L 12,00
Consumo de aceite 90 (lubricante)	0,25 l/h
Costo de aceite 90	L 13,09/l
Salario del operador	L 48,48/día

Anexo 2. Tiempos de apeo, desrame, despunte, troceo y volumen de trozas con corteza, en estudio de madereo con búfalos y unimog forestal.

A	Age (años)	Luzera				Número de Trozas	TROZA 1				TROZA 2				TROZA 3				TROZA 4			
		Area (m²)	Perímetro (m)	Long (m)	Vol (m³)		Long (m)	Volumen (m³)	Long (m)	Volumen (m³)	Long (m)	Volumen (m³)	Long (m)	Volumen (m³)	Long (m)	Volumen (m³)	Long (m)	Volumen (m³)				
1	54	2.50	2.63	11.12	3	0.23	0.16	4.27	0.63	0.09	4.27	0.52	0.09	0.07	4.27	0.32	0.00	0.00	0.00			
2	50	1.86	3.41	5.32	2	0.17	0.13	4.27	0.65	0.43	0.09	4.27	0.48	0.09	0.07	4.27	0.34	0.00	0.00			
3	44	0.87	3.93	3.87	2	0.43	0.11	3.58	0.45	0.11	0.06	4.27	0.41	0.06	0.09	4.27	0.00	0.00	0.00			
4	84	3.64	3.08	4.87	3	0.17	0.08	3.76	0.39	0.09	0.06	4.27	0.31	0.09	0.06	4.27	0.22	0.00	0.00			
5	46	0.27	2.37	3.43	4	0.14	0.11	3.76	0.34	0.11	0.06	4.27	0.42	0.08	0.07	4.27	0.21	0.07	0.06			
6	39	1.21	2.45	3.99	4	0.12	0.12	3.96	0.36	0.12	0.10	4.27	0.46	0.08	0.08	4.27	0.27	0.04	0.06			
7	47	1.05	2.50	3.36	3	0.14	0.09	3.05	0.38	0.09	0.07	4.27	0.54	0.07	0.06	4.27	0.28	0.00	0.00			
8	45	0.89	3.03	3.83	2	0.13	0.10	4.27	0.49	0.10	0.06	4.27	0.37	0.08	0.06	4.27	0.29	0.00	0.00			
9	62	1.37	2.80	3.17	2	0.12	0.07	3.05	0.29	0.07	0.06	4.27	0.26	0.05	0.04	4.27	0.20	0.00	0.00			
10	46	1.52	3.83	3.30	2	0.14	0.13	4.27	0.58	0.13	0.11	4.27	0.50	0.11	0.10	4.27	0.43	0.00	0.00			
11	56	1.42	4.28	5.72	3	0.14	0.11	3.05	0.44	0.14	0.09	4.27	0.41	0.09	0.07	4.27	0.33	0.00	0.00			
12	36	1.60	1.70	2.75	2	0.15	0.19	4.89	0.46	0.19	0.08	6.88	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
13	45	1.13	2.92	4.65	3	0.14	0.09	4.27	0.49	0.09	0.07	4.27	0.34	0.07	0.05	4.27	0.28	0.00	0.00			
14	39	0.87	1.42	2.23	2	0.11	0.08	4.27	0.39	0.08	0.07	4.27	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
15	39	1.02	3.22	4.28	2	0.15	0.06	4.27	0.50	0.04	0.05	4.27	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
16	41	1.15	3.25	4.24	2	0.11	0.10	4.27	0.46	0.12	0.06	4.27	0.38	0.08	0.04	4.27	0.25	0.00	0.00			
17	51	1.17	4.67	5.83	4	0.17	0.15	3.75	0.17	0.15	0.13	4.27	0.28	0.12	0.09	4.27	0.46	0.00	0.00			
18	42	1.07	2.72	4.34	3	0.10	0.07	4.27	0.54	0.07	0.06	4.27	0.28	0.05	0.04	4.27	0.19	0.00	0.00			
19	44	1.32	3.28	4.68	4	0.13	0.10	3.75	0.24	0.10	0.06	3.05	0.28	0.09	0.08	3.05	0.29	0.00	0.00			
20	51	1.67	4.92	6.08	4	0.17	0.15	3.68	0.52	0.15	0.19	4.27	0.53	0.10	0.08	4.27	0.38	0.00	0.00			
21	38	2.85	3.72	10.57	3	0.22	0.18	3.05	0.61	0.18	0.15	4.27	0.78	0.15	0.04	4.27	0.47	0.00	0.00			
22	61	2.38	6.10	8.46	5	0.26	0.22	3.75	0.71	0.22	0.18	3.05	0.61	0.13	0.15	3.05	0.51	0.18	0.00			
23	50	1.42	4.42	6.26	3	0.20	0.16	4.27	0.78	0.16	0.12	4.27	0.62	0.13	0.04	4.27	0.45	0.00	0.00			
24	65	3.02	3.83	10.65	3	0.28	0.24	3.05	0.79	0.24	0.16	4.27	0.81	0.16	0.15	4.27	0.71	0.00	0.00			
25	46	2.66	3.36	6.43	3	0.18	0.13	3.05	0.40	0.13	0.10	4.27	0.50	0.10	0.07	4.27	0.37	0.00	0.00			
26	56	0.97	2.40	2.37	2	0.09	0.06	4.27	0.30	0.06	0.04	4.27	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
27	34	0.76	1.98	2.66	2	0.07	0.06	4.27	0.26	0.06	0.04	4.27	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
28	48	1.78	5.80	6.88	2	0.18	0.11	3.05	0.27	0.11	0.10	4.27	0.45	0.10	0.05	4.27	0.31	0.00	0.00			
29	41	1.79	3.28	4.96	3	0.11	0.08	3.05	0.29	0.08	0.06	4.27	0.28	0.05	0.05	4.27	0.21	0.00	0.00			
30	28	0.86	0.92	1.33	1	0.07	0.07	5.45	0.28	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
31	54	1.52	4.87	5.16	3	0.16	0.16	3.68	0.24	0.16	0.11	3.05	0.50	0.11	0.07	4.27	0.36	0.00	0.00			
32	37	1.02	5.87	6.78	2	0.11	0.09	4.83	0.47	0.09	0.04	5.46	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
33	37	0.89	4.83	2.23	2	0.08	0.04	5.49	0.25	0.04	0.02	5.46	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
34	22	0.41	0.53	0.97	2	0.06	0.04	3.68	0.17	0.04	0.01	4.27	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
35	75	0.46	1.25	1.73	3	0.05	0.04	1.00	0.14	0.04	0.03	3.08	0.13	0.03	0.02	4.27	0.11	0.00	0.00			
36	26	0.47	1.75	2.22	3	0.06	0.06	3.05	0.19	0.06	0.05	3.06	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
37	34	0.92	0.47	1.14	2	0.08	0.06	3.68	0.23	0.06	0.01	4.27	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
38	36	0.65	1.25	1.98	3	0.07	0.05	3.68	0.20	0.05	0.02	4.27	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
39	41	1.35	4.70	5.65	6	0.14	0.13	3.25	0.41	0.13	0.10	3.05	0.35	0.10	0.06	3.05	0.22	0.05	0.03			
40	41	0.78	1.87	4.63	2	0.14	0.06	3.05	0.30	0.06	0.06	4.27	0.22	0.05	0.04	4.27	0.15	0.00	0.00			
41	30	0.72	1.42	2.36	2	0.08	0.07	3.06	0.23	0.07	0.06	4.27	0.28	0.08	0.03	4.27	0.21	0.00	0.00			
42	36	1.17	3.38	4.55	4	0.09	0.04	3.06	0.25	0.06	0.06	3.68	0.34	0.05	0.04	3.68	0.17	0.04	0.00			
43	42	1.73	4.08	5.82	4	0.14	0.10	3.68	0.44	0.10	0.05	3.68	0.30	0.05	0.00	3.36	0.17	0.04	0.00			
44	39	1.16	1.46	1.92	2	0.07	0.02	4.83	0.24	0.02	0.00	5.46	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
45	27	0.72	1.70	2.42	3	0.06	0.06	3.75	0.23	0.06	0.00	3.05	0.20	0.00	0.00	3.68	0.11	0.00	0.00			
46	36	0.83	2.20	2.83	2	0.07	0.07	4.27	0.25	0.07	0.02	4.27	0.25	0.05	0.04	4.27	0.19	0.00	0.00			
47	75	2.82	2.42	3.60	3	0.34	0.29	4.97	1.36	0.29	0.04	4.27	1.13	0.24	0.21	4.27	0.56	0.00	0.00			
48	52	1.38	4.27	6.10	3	0.17	0.11	3.05	0.44	0.11	0.08	4.27	0.41	0.08	0.09	4.27	0.28	0.00	0.00			
49	48	1.71	3.82	5.37	3	0.14	0.12	3.05	0.34	0.12	0.09	4.27	0.38	0.07	0.04	4.27	0.28	0.00	0.00			
50	47	1.41	5.87	7.15	3	0.13	0.13	3.76	0.51	0.13	0.09	4.27	0.40	0.09	0.06	4.27	0.32	0.00	0.00			
51	40	1.67	4.52	6.28	3	0.23	0.13	3.05	0.55	0.13	0.11	4.27	0.51	0.11	0.06	4.27	0.43	0.00	0.00			
52	32	1.27	3.72	6.06	3	0.11	0.08	3.68	0.25	0.08	0.05	4.27	0.26	0.06	0.03	4.27	0.16	0.00	0.00			
53	45	1.13	3.45	4.23	2	0.13	0.11	3.00	0.45	0.11	0.06	4.27	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
54	46	0.88	3.25	4.92	3	0.16	0.09	3.26	0.41	0.09	0.07	4.27	0.34	0.07	0.06	4.27	0.27	0.00	0.00			
55	42	1.26	2.57	4.82	4	0.13	0.11	3.75	0.26	0.11	0.12	4.27	0.43	0.10	0.04	4.27	0.37	0.00	0.00			
56	41	1.13	2.85	3.88	4	0.12	0.12	3.26	0.34	0.12	0.10	4.27	0.47	0.10	0.06	4.27	0.36	0.00	0.00			
57	47	1.39	3.70	3.80	3	0.16	0.10	3.05	0.37	0.10	0.06	4.27	0.37	0.08	0.07	4.27	0.31	0.00	0.00			
58	39	0.92	2.70	3.62	2	0.10	0.09	4.27	0.40	0.09	0.06	4.27	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
59	50	4.23	3.27	4.80	2	0.17	0.09	4.27	0.56	0.09	0.06	4.27	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
60	44	4.40	3.60	5.12	4	0.23	0.11	3.05	0.37	0.11	0.06	3.68	0.26	0.06	0.06	3.68	0.22	0.00	0.00			
61	32	1.68	4.23	6.40	4	0.14	0.15	0.86	0.67	0.15	0.11	4.27	0.56	0.11	0.10	4.27	0.45	0.00	0.00			
62	36	2.49	6.20	9.05	3	0.18	0.17	3.02	0.25	0.17	0.14	4.27	0.67	0.14	0.08	4.27	0.46	0.00	0.00			
63	62	1.65	3.39	5.05	3	0.11	0.09	3.75	0.36	0.09	0.06	4.27	0.30	0.06	0.05	4.27	0.23	0.00	0.00			
64	34	0.85	0.57	1.42	1	0.06	0.07	6.46	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
65	31	1.38	4.83	8.02	3	0.17	0.13	3.25	0.46	0.13	0.05	4.27	0.48	0.08	0.07	4.27	0.33	0.00	0.00			
66	47	1.26	3.87	6.49	3	0.15	0.09	3.05	0.27	0.09	0.07	4.27	0.38	0.07	0.05	4.27	0.36	0.00	0.00			
67	48	1.63	5.27	6.60	3	0.17	0.14	2.96	0.36	0.14	0.06	4.27	0.54	0.10	0.05	4.27	0.48	0.00	0.00			
68	46	1.72																				

Anexo 3. Distancia, tiempos, volumen, costos y otros insumos utilizados en la determinación de costos en madereo con búfalos.

Variable	Valor
Distancia media de arrastre	82 m
Tiempo medio de viaje sin carga	2.94 min
Tiempo medio de viaje con carga	2.79 min
Tiempo por ciclo de trabajo	9.92 min
Volumen medio de carga	0.4486 m ³
Costo horario de los recursos empleados	L 42.11/h
Valor de compra de los accesorios	L 958.00
Valor de compra y crianza de un búfalo	L 4500.00
Horas de trabajo anual	1300 h
Vida útil de los accesorios	2 años

Anexo 4. Otras variables utilizadas en la determinación de costos en madereo con búfalos.

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Co/u	Total	Número horas	Co/h(L)
Mano de obra	Días/hombre	59	48.48	2 860.32	211	13.56
Pasto	Días/h	35.50	48.48	1 721.04	211	8.16
Concentrado	lb	737.50	0.94	685.87	211	3.25
Agua						
Transporte	h/vehículo	54	51.46	2 778.84	211	13.17
Mano de obra	h/hombre	54	6.06	327.24	211	1.55
Mano de obra/alimentación	h/hombre	59	6.06	357.54	211	1.69
Accesorios				958.00	2 600	0.37

ACCESORIOS	Co/u (L)	v/útil (h)	co/h
Collar	300.00	2 600	0.16
Cadenas	528.00	2 600	0.20
Argoilas	80.00	2 600	0.03
Soja	50.00	2 600	0.02
Total	958.00		0.37

Anexo 6. Distancia, tiempos, volumen y otros insumos utilizados en la determinación de costos en maderero con unimog forestal.

Variable	Valor
Distancia media de arrastre	87 m
Tiempo medio de viaje sin carga	5,18 min
Tiempo medio de viaje con carga	9,15 min
Tiempo por ciclo de trabajo	19,41 min
Volumen medio de carga	1,15 m ³
Costo horario de los recursos empleados	L 197,39/h
Valor inicial del unimog forestal	L 440 000,00
Valor final del unimog forestal	L 4 400,00
Vida útil del unimog forestal	5 años
Uso anual	2080 h
Valor de remplazo de los neumáticos	L 7 200,00
Consumo de combustible	20 l/h
Costo de diesel	L 2,88/l

Anexo 7. Otras variables utilizadas en la determinación de costos en maderero con unimog forestal

INSUMO	Frecuencia	Veces/año	Material	Cantidad	Co/u	Total	Uso anual (h)	Co/h (L)
Mano de obra			Personal	3	6.06	18.18		18.18
Aceite motor	c/200 h	10.4	Aceite 90	1 gal	63.37	669.05	2 080	0.32
Aceite transmisión	c/año	1	Aceite 90	1 gal	63.37	63.37	2 080	0.03
Aceite winche	c/año	1	Aceite 90	1 gal	63.37	63.37	2 080	0.03
Filtros de aceite	c/200 h	10.4	Filtro	1	116.00	1 206.40	2 080	0.58
Filtros diesel	c/200 h	10.4	Filtro	2	30.00	624.00	2 080	0.30
Grasa	c/200 h	10.4	Grasa	3 lb	14.67	457.70	2 080	0.22
Mano de obra por mantenimiento	c/200 h	10.4	Mano de obra	4	27.00	1 123.20	2 080	0.54

Anexo 8. Datos de campo del estudio de madereo con unimog forestal en pinares nativos del Cerro Uyuca.

n	Fondentez	Distancia	V.S.C.	Carga	V.C.C.	Densidad	Volumen por ciclo	de Troncos	EXPER. I			EXPER. II				
									Alteza (m)	Diámetro (cm)	Volumen (m ³)	Alteza (m)	Diámetro (cm)	Volumen (m ³)		
1	0-5	75	2.87	0.33	33.57	0.51	13.77	2	0.1707	0.0707	4.8744	0.4754	0.0673	0.0292	4.8744	0.2223
2	0-5	77	2.87	0.15	12.75	0.11	15.97	2	0.1724	0.0702	4.8744	0.4829	0.0703	0.0272	4.8744	0.1742
3	0-5	81	2.70	0.47	9.61	0.42	16.44	2	0.1320	0.0824	4.8744	0.5182	0.0714	0.0276	4.8744	0.3883
4	0-5	81	4.30	0.53	11.24	0.72	17.33	2	0.1380	0.0823	4.8744	0.5254	0.0709	0.0452	4.8744	0.3189
5	0-12	83	2.64	0.17	16.42	0.45	20.57	2	0.1442	0.1379	4.8744	1.0683	0.1194	0.1476	4.8744	0.1723
6	0-10	84	2.21	0.13	17.75	0.88	15.45	2	0.1438	0.0873	4.8744	0.3870	0.0472	0.0231	4.8744	0.3380
7	0-12	92	4.05	0.25	3.17	0.25	7.82	2	0.1074	0.0390	14.9304	1.0849	0.0412	0.0573	9.1739	0.1444
8	0-8	92	7.16	0.17	5.43	0.21	6.87	2	0.0436	0.0280	14.9304	0.8240	0.0417	0.0380	9.1534	0.6241
9	0-10	90	6.70	0.45	8.84	0.22	14.25	2	0.1785	0.0452	14.9304	1.8031	0.1073	0.0234	14.8204	0.0628
10	0-15	70	4.42	0.48	8.65	0.15	13.73	2	0.1571	0.0414	4.8744	0.4122	0.0265	0.0415	4.8744	0.2554
11	0-5	82	3.47	0.22	5.72	0.27	4.95	2	0.0854	0.0452	4.8744	0.3169	0.0223	0.0283	4.8744	0.2787
12	0-7	83	4.37	0.69	2.51	0.23	9.62	2	0.1134	0.0621	4.8744	0.4372	0.0714	0.0716	4.8744	0.3883
13	0-10	74	3.27	0.45	1.30	0.37	7.87	2	0.0808	0.0633	4.8744	0.3926	0.0494	0.0487	4.8744	0.3037
14	0-15	72	3.65	0.64	3.68	0.27	8.53	2	0.0848	0.0451	4.8744	0.2413	0.0404	0.0616	4.8744	0.3453
15	0-15	43	1.45	3.70	1.10	0.25	6.44	2	0.1192	0.0452	4.8744	0.3574	0.0600	0.0415	4.8744	0.2824
16	0-30	70	7.58	4.75	4.70	1.33	13.37	2	0.3214	0.0665	4.8744	0.3987	0.0343	0.1028	4.8744	0.6530
17	0-25	100	5.37	4.53	3.67	0.17	13.70	2	0.1414	0.1772	4.8744	0.7024	0.1414	0.0373	4.8744	0.6223
18	0-15	93	4.25	1.22	14.28	0.55	22.52	2	0.1320	0.0285	4.8744	0.5325	0.0414	0.0482	4.8744	0.5367
19	0-5	80	3.73	4.15	3.77	0.17	12.42	2	0.1442	0.0982	4.8744	0.5887	0.1223	0.0824	4.8744	0.4333
20	0-15	93	5.43	4.07	16.01	1.98	30.72	2	0.0864	0.0707	4.8744	0.3883	0.0608	0.0591	4.8744	0.3431
21	0-20	30	9.41	3.70	7.67	0.22	20.42	2	0.1016	0.0216	4.8744	0.3903	0.0894	0.0531	4.8744	0.3528
22	0-5	30	2.07	3.00	0.97	0.67	8.00	2	0.2204	0.1152	4.8744	0.6121	0.1134	0.0921	4.8744	0.3378
23	0-15	90	2.52	0.72	3.77	0.13	7.18	2	0.1490	0.0804	4.8744	0.4382	0.0662	0.0673	4.8744	0.3743
24	0-20	74	2.58	0.73	3.53	0.27	7.17	2	0.0928	0.0487	4.8744	0.3411	0.0234	0.0415	4.8744	0.2672
25	0-15	85	3.40	1.36	3.20	0.15	5.11	2	0.0644	0.0631	4.8744	0.3293	0.1134	0.0281	4.8744	0.3829
26	0-12	83	2.86	1.51	4.87	0.22	8.10	2	0.1248	0.0772	4.8744	0.3876	0.0345	0.0381	4.8744	0.3451
27	0-6	71	3.75	3.20	5.47	0.15	13.75	2	0.0962	0.0723	4.8744	0.3742	0.0643	0.0491	4.8744	0.2872
28	0-20	30	4.37	2.87	2.72	0.23	9.26	2	0.1114	0.0951	4.8744	0.4376	0.0608	0.0673	4.8744	0.3251
29	0-6	30	4.84	0.70	4.80	0.25	10.40	2	0.1164	0.0816	4.8744	0.4227	0.1018	0.0727	4.8744	0.4708
30	0-15	80	3.80	0.43	8.95	0.72	11.80	2	0.1104	0.0614	4.8744	0.4414	0.0674	0.0631	4.8744	0.3828
31	0-12	70	3.72	0.47	6.70	0.24	9.67	2	0.1320	0.0285	4.8744	0.4626	0.1381	0.1075	4.8744	0.6000
32	0-20	84	3.83	0.73	4.20	0.22	8.93	2	0.0842	0.0531	4.8744	0.3643	0.1004	0.0427	4.8744	0.2411
33	0-25	75	3.28	0.72	4.19	0.52	8.38	2	0.0848	0.0421	4.8744	0.3411	0.0604	0.0721	4.8744	0.2728
34	0-15	72	3.68	0.85	3.66	0.23	4.45	2	0.0864	0.0491	4.8744	0.3233	0.0813	0.0516	4.8744	0.2672
35	0-10	43	1.57	1.10	3.70	0.25	5.82	2	0.1734	0.0561	4.8744	0.2672	0.0529	0.0591	4.8744	0.2672
36	0-30	70	6.68	3.30	6.64	0.16	15.75	2	0.1018	0.0974	4.8744	0.2497	0.3488	0.1810	4.8744	0.3633
37	0-15	76	3.30	0.64	8.75	0.25	12.25	2	0.1492	0.0842	4.8744	0.5887	0.0664	0.0452	4.8744	0.3034
38	0-5	100	2.87	0.52	8.77	0.23	17.35	2	0.1434	0.0661	4.8744	0.4378	0.0872	0.0274	4.8744	0.3647
39	0-15	81	3.66	0.67	5.27	0.30	10.12	2	0.1363	0.0723	4.8744	0.2119	0.0942	0.0674	4.8744	0.2872
40	0-6	30	2.73	0.83	2.56	0.17	3.77	2	0.1134	0.0727	4.8744	0.4480	0.0642	0.0573	4.8744	0.3742
41	0-15	90	9.15	0.72	6.67	0.35	11.45	2	0.1134	0.0951	4.8744	0.3378	0.1018	0.0727	4.8744	0.2720
42	0-15	74	2.80	0.73	3.92	0.20	5.18	2	0.1448	0.0631	4.8744	0.5238	0.0727	0.0231	4.8744	0.2841
43	0-25	82	2.64	1.13	3.31	0.15	5.93	2	0.1076	0.0631	4.8744	0.3513	0.1018	0.0261	4.8744	0.2911
44	0-10	70	2.77	0.37	3.68	0.15	8.09	2	0.0400	0.0422	4.8744	0.3312	0.0664	0.0531	4.8744	0.2528
45	0-15	70	6.70	0.68	8.88	0.20	14.43	2	0.1521	0.1016	4.8744	0.4181	0.1018	0.0810	4.8744	0.3628
46	0-30	75	4.85	0.64	4.30	0.13	9.86	2	0.1074	0.1182	4.8744	0.4345	0.0404	0.0491	4.8744	0.3471
47	0-20	80	6.73	3.23	0.25	0.22	18.47	2	0.0808	0.0723	4.8744	0.3246	0.1075	0.0291	4.8744	0.3728
48	0-5	100	8.20	1.13	4.24	0.35	13.97	2	0.1521	0.1025	4.8744	0.4023	0.1120	0.0325	4.8744	0.4427
49	0-5	80	8.06	1.00	6.20	0.14	14.87	2	0.1189	0.0824	4.8744	0.4874	0.1442	0.1018	4.8744	0.3823
50	0-20	76	3.73	1.20	3.77	0.30	12.50	2	0.1192	0.0894	4.8744	0.3929	0.1380	0.0662	4.8744	0.3039
51	0-15	80	3.75	1.23	4.07	0.10	10.93	2	0.1571	0.0855	4.8744	0.5703	0.1305	0.0823	4.8744	0.4684
52	0-12	80	4.26	1.25	4.20	0.26	11.12	2	0.1380	0.0855	4.8744	0.5494	0.1217	0.0824	4.8744	0.4397
53	0-30	100	7.77	5.14	21.67	0.75	26.70	2	0.1521	0.2018	0.7536	1.0438	0.1411	0.0491	0.7536	0.6829
54	0-25	100	8.85	8.17	26.27	0.68	42.47	1	0.4072	0.1134	14.9304	3.8065	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
55	0-30	110	9.67	4.62	18.12	1.25	32.73	2	0.1490	0.0452	5.7536	0.8882	0.0642	0.0380	5.7536	0.5548
56	0-25	82	4.75	3.87	13.47	1.77	22.91	2	0.0864	0.0314	9.7632	0.5434	0.1411	0.0231	9.7632	0.6271
57	0-20	120	8.88	6.32	17.81	0.93	35.88	2	0.0916	0.0214	4.2672	0.1562	0.0894	0.0491	4.2672	0.2664
58	0-30	110	7.30	4.90	18.64	1.82	32.30	2	0.1612	0.1018	9.7632	1.2789	0.1821	0.0616	9.7632	0.4140
59	0-25	120	6.44	4.70	15.37	1.72	30.37	2	0.1320	0.0639	9.7632	0.6462	0.1442	0.0452	9.7632	0.6936
60	0-20	140	9.77	9.71	23.71	3.25	40.42	2	0.1492	0.0531	9.7632	0.5123	0.1380	0.0415	9.7632	0.6733
61	0-30	100	6.20	9.12	8.28	1.21	18.71	2	0.1124	0.0873	4.2672	0.3641	0.0714	0.0273	4.2672	0.3363
62	0-20	120	5.25	2.40	10.73	2.31	29.74	2	0.2662	0.0273	4.2672	0.3074	0.0941	0.0462	4.2672	0.2971
63	0-30	100	8.54	8.27	1.62	1.62	10.26	2	0.0872	0.0422	4.2672	0.2790	0.1194	0.0316	4.2672	0.2863
64	0-20	140	8.23	4.71	16.80	0.55	32.61	2	0.1650	0.1060	9.7632	0.8859	0.1820	0.0673	9.7632	0.8231
65	0-20	140	8.26	8.20	19.87	0.20	37.02	2	0.1395	0.0491	6.7536	0.6165	0.1442	0.0452	6.7536	0.6239
66	0-20	110	5.20	4.20	13.21	3.52	26.47	2	0.1194	0.0415	9.7632	0.7823	0.1320	0.0491	9.7632	0.6613
67	0-30	100	5.33	5.47	17.77	4.20	34.27	2	0.1662	0.0491	9.7632	1.0498	0.1820	0.0415	9.7632	0.8465
68	0-20	140	8.32	4.37	21.25	0.80	41.28	2	0.1571	0.0531	9.7632	1.0025	0.1442	0.0616	9.7632	0.8131
69	0-20	110	5.77	6.64	9.75	9.75	21.47	2	0.1134	0.0422	4.2672	0.2388	0.0616	0.0462	4.2672	0.2223
70	0-30	140	8.80	3.72	18.25	1.82	24.55	2	0.1421	0.0773	9.7632	0.8223	0.1442	0.0422	9.7632	0.6643
71	0-30	130	8.27	4.73	16.33	3.68	34.04	2	0.1820	0.0491	9.7632	0.8833	0.1820	0.0573	9.7632	1.0827
72	0-25	130	11.42	8.10	21.88	4.47	43.87									

Anexo 9. Estadísticas del análisis de regresión lineal.

Model: MODEL1
 Dependent Variable: TTOTAL

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	3	231.91013	77.30338	50.401	0.0001
Error	75	115.03291	1.53377		
C Total	78	346.94304			
Root MSE		1.23846	R-square	0.6684	
Dep Mean		6.07089	Adj R-sq	0.6552	
C.V.		20.39991			

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > |T|
INTERCEP	1	2.029860	0.46539229	4.362	0.0001
VOLTOT	1	2.634813	1.21007078	2.177	0.0326
DIST2	1	0.001122	0.00015920	7.045	0.0001
DIST3	1	-0.000006561	0.00000120	-5.485	0.0001

Model: MODEL1
 Dependent Variable: TTOTAL

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	4	5449.86813	1362.46703	53.908	0.0001
Error	63	1592.27070	25.27414		
C Total	67	7042.13882			
Root MSE		5.02734	R-square	0.7739	
Dep Mean		16.08235	Adj R-sq	0.7595	
C.V.		31.25957			

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > |T|
INTERCEP	1	-3.628468	2.04033592	-1.778	0.0802
DIST2	1	0.003299	0.00055262	5.971	0.0001
DIST3	1	-0.000014631	0.00000335	-4.367	0.0001
VOLTOT2	1	7.774742	2.76387200	2.813	0.0065
VOLTOT3	1	-2.174174	1.18117902	-1.841	0.0704