



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Evaluación técnico-económica del tractor VICTOR 300.

Por:

JIMMY ELESBAN RODRÍGUEZ CÓRDOVA

T E S I S

**Presentada como requisito parcial para
obtener el título de:**

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Marzo de 2005



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Evaluación técnico-económica del tractor VICTOR 300.

Por:

Jimmy Elesban Rodríguez Córdova

T E S I S

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobada por el comité de tesis

Asesor Principal.

Dr. Martín Cadena Zapata

Sinodal

Sinodal

M.C. Tomás Gaytán Muñiz

Ing. B. Elizabeth de la Peña Casas

Coordinador de la División de Ingeniería

M.C. Luis Edmundo Ramírez Ramos

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2005.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero que nada a **Dios** por haberme dado el don maravilloso de la vida y guiarme siempre por el buen camino de la vida, además de la dicha y la fortuna que me dio para culminar mis estudios universitarios.

A mi **ALMA TERRA MATER** por abrirme sus puertas y formarme en sus aulas como profesionista, así como a las demás instituciones que me formaron académicamente sólo les puedo decir *gracias*.

Al **Dr. Martín Cadena Zapata** quien me asesoró en esta tesis y me brindó su confianza, amistad, tiempo, dedicación y sobre todo por su gran experiencia y capacidad para la culminación de esta investigación, no me cabe más que decirle con el corazón *gracias*.

Al **M.C. Tomás Gaytán Muñiz** por su colaboración desinteresada en la asesoría y revisión de la presente tesis.

Al **Ing. B. Elizabeth de la Peña Casas** por su disponibilidad y sugerencias hechas en la elaboración del presente trabajo.

Al **Ing. Antonio Reynolds Chávez** por las sugerencias hechas en la realización de este proyecto de investigación.

A todos mis compañeros de la generación XCVIII de la carrera de Ingeniero Mecánico Agrícola, en especial a: **Juan Carlos, Efrén, Mario, Armando, Francisco Pablo, Fabián, Gerardin, Freddy, Alfredo, Ricardo, Nelson, Juan Francisco, Juan Sergio, Jonathan, Salvador, Manuel, Josué, Guillermo, Luis Miguel, Fidel, Eduardo Lira y Eric Martínez**, gracias por haberme brindado su amistad y que Dios bendiga de dicha y felicidad por siempre a ustedes y su familia.

A todos los maestros del Departamento de Maquinaria Agrícola en especial al **M.C. Héctor Uriel Serna Fernández, M.C. Juan Antonio Guerrero Hernández, Ing. Juan Arredondo Valdez**, por su confianza y apoyo que me brindaron durante mi estancia en esta universidad, pero sobre todo por los conocimientos que me transmitieron en mi formación profesional.

A la **Lic. Griselda Valdés Ramos** por su confianza, disponibilidad y colaboración desinteresada en la revisión gramatical y de estilo, hechas en la presente tesis.

Al **M.C. Gerardo Sánchez Martínez** por su apoyo y amistad brindada en estos años de estancia en la universidad sólo le puedo decir muchas *gracias*.

A mis compañeros **Julio, Luis, Isidro, Jacobo, Santiago, Alejandro, Alfredo**, gracias por la amistad que me brindaron y que Dios los bendiga por siempre.

DEDICATORIA

A mis **padres**:

Sra. Hilda Córdova Guillen
Sr. Salvador Rodríguez Velázquez

Con todo mi amor y cariño a quienes me han guiado por el buen camino de la vida desde mi existir hasta llegar a estos momentos de satisfacción, a ellos, a quienes debo todos mis logros, mis más sinceros respeto y admiración.

A mi **Hermano:**

Salvador Rodríguez Córdova

Gracias por todo lo que me haz brindado y por que eres parte de mi existir, sé que llegarás a culminar tus estudios como profesionista.

A mis **Abuelos, Tíos, Tías y Primos:**

Quienes me han brindado cariño en mi caminar por la vida y mostrado como ser hombre de principios, de fe y esperanza; mil gracias por sus consejos, motivaciones y buenos deseos hacia mi persona.

Si sientes que la vida no tiene sentido, o que los problemas te están acabando recuerda lo siguiente:

Si tienes un familiar rico, no te creas con el derecho a pedirle que te dé dinero. No lo tildes de tacaño, avaro, mezquino, miserable o egoísta si se niega a ayudarte. Tal vez tiene lo que tiene por que ha perdido menos tiempo que tú

en la estancia de distracciones, por que mientras que tú te la pasas haciendo planes sin mover un infame dedo, él se ha esmerado por prepararse en el túnel de elevadores y ha estado pendiente de las puertas que se abren. Eso es todo.

Puedes subir hasta donde quieras. Sólo los arcaicos de mente, piden limosna; sólo ellos son inútiles, aunque tengan veinte años de edad... Pero tú eres joven mentalmente... Tú puedes lograr tus sueños.

Es bueno pedirle a Dios lo que deseas. Está bien hablar con Él y confiarle tus anhelos, pero hoy te reto a que en vez de decirle a diario: "Dios mío, ayúdame en el negocio, la entrevista o el examen que voy a realizar". Le digas "Señor, lo que tengo que hacer, lo haré lo mejor que pueda, pondré mi mayor cuidado y entusiasmo. Obsérvame en la entrevista o en el examen. Te brindo mi mejor esfuerzo este día y dejo en tus manos el resultado..."

Eso es ser responsable.

Cuentan de un hombre que olvidó su bicicleta en el mercado. Al día siguiente, desanimado, seguro de que alguien se la habría llevado, regreso a buscarla. Se llenó de alegría al encontrarla exactamente en el mismo lugar en que la había dejado. Cuando iba de regreso a su casa pasó junto a un templo, se detuvo para darle gracias a Dios por haber cuidado su bicicleta toda la noche y cuando salió del templo, su bicicleta ya no estaba...

Amigo, amiga. Dios no cuida bicicletas. El te da advertencias para que hagas tu parte... Tienes inteligencia, voluntad, conciencia, cuerpo; todos los elementos para triunfar, si no logras tus anhelos es que no pagaste el precio. Punto. No hay más... No le des mas vueltas, no pongas más excusas...

comienza hacer lo que te corresponde hoy mismo. Te reto a que tu mejor esfuerzo se convierta en tu mejor plegaria...

Además ten en mente “La formula del valor humano”:

VALOR HUMANO = BONDAD + CONOCIMIENTOS + ACCIONES

BONDAD + CONOCIMIENTOS (Sin acciones)= Ilusiones de sabios frustrados.

BONDAD + ACCIONES (Sin conocimientos)= Torpezas de ingenuos bienintencionados.

ACCIONES + CONOCIMIENTOS (Sin bondad)= Vilezas de líderes malvados.

Cuauhtémoc Sánchez.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.1 Criterios sobre el rendimiento del tractor.....	7
2.2 Confiabilidad del tractor.....	8
2.3 Requerimientos de potencia de las máquinas de campo.....	8
2.4 Formas de transmitir potencia en los tractores.....	9
2.5 El uso del tractor y el consumo de combustible.....	9
2.6 Pérdidas por rodadura y patinaje.....	10
2.7 Neumáticos y tracción.....	11
2.8 Protocolos de evaluación de implementos de labranza.....	12
2.8.1 Códigos y procedimientos de pruebas para arados.....	12
2.8.2 Procedimiento para la evaluación de implementos de labranza primaria.....	15
2.8.3 Prueba y evaluación de arados.....	19
2.9 Parámetros principales para la evaluación del rotocultivador.....	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1 Caracterización del sitio de evaluación.....	26

3.1.1	Determinación del contenido de humedad.....	26
3.1.2	Determinación de la pendiente del terreno.....	27
3.1.3	Determinación de la densidad aparente.....	27
3.1.4	Determinación del % y peso de cobertura vegetal.....	28
3.1.5	Determinación del diámetro del tallo de la planta y altura de la misma antes del paso del implemento.....	29
3.1.6	Medición del microrrelieve antes de las labores.....	29
3.2	Evaluación de la labor de la desvaradora.....	30
3.2.1	Altura de corte.....	30
3.2.2	Ancho de trabajo.....	31
3.2.3	Velocidad de trabajo.....	32
3.2.4	Tiempo total de trabajo.....	33
3.2.5	Tiempo en cabeceras.....	33
3.2.6	Consumo de combustible.....	33
3.3	Evaluación de la labor del arado de rejas.....	34
3.3.1	Ancho de trabajo.....	34
3.3.2	Profundidad de trabajo.....	34
3.3.3	Velocidad de trabajo.....	35
3.3.4	Tiempo total de trabajo.....	35
3.3.5	Tiempo en cabeceras.....	35
3.3.6	Consumo de combustible.....	36
3.3.7	Patinaje de las ruedas.....	36
3.3.8	Capacidad teórica de campo.....	37
3.3.9	Capacidad efectiva de campo.....	37
3.3.10	Eficiencia de las labores.....	38
3.3.11	Índice de disturbación energética.....	38
3.3.12	Medición del microrrelieve después de la labor.....	39

3.3.13	Índice de rugosidad y estimación de la densidad aparente después de la labor.....	39
3.4	Evaluación de la labor del rotocultivador.....	40
3.4.1	Ancho de trabajo.....	40
3.4.2	Profundidad de trabajo.....	41
3.4.3	Velocidad de trabajo.....	41
3.4.4	Tiempo total de trabajo.....	41
3.4.5	Tiempo en cabeceras.....	41
3.4.6	Consumo de combustible.....	41
3.4.7	Tamaño promedio de agregados.....	41
3.4.8	Capacidad teórica de campo.....	43
3.4.9	Capacidad efectiva de campo.....	44
3.4.10	Eficiencia de las labores.....	44
3.4.11	Índice de disturbación energética.....	44
3.4.12	Medición de microrrelieve después de la labor.....	44
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
4.1	Ubicación geográfica.....	47
4.2	Topografía.....	47
4.3	Características del suelo.....	47
4.4	Contenido de humedad.....	48
4.5	Densidad aparente.....	48
4.6	Cobertura vegetal.....	49
4.7	Medición de microrrelieve.....	50
4.8	Resultados del trabajo de campo.....	53
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
VI.	LITERATURA CITADA.....	61
VII.	ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 3.1 Muestreo de humedad.....	27
Figura 3.2 Balanza de precisión.....	27
Figura 3.3 Aparato utilizado para la determinación de cobertura Vegetal.....	28
Figura 3.4 Altura de planta y diámetro de tallo.....	29
Figura 3.5 Aparato utilizado para medir el microrrelieve del suelo.....	30
Figura 3.6 Altura de corte.....	31
Figura 3.7 Determinación del ancho de trabajo.....	31
Figura 3.8 Medición de la velocidad de trabajo.....	32
Figura 3.9 Determinación del consumo de combustible.....	34
Figura 3.10 Determinación de profundidad de trabajo.....	35
Figura 3.11 Medición de patinaje.....	36
Figura 3.12 Tamices utilizados para la determinación del tamaño de agregados.....	42
Figura 3.13 Tractor usado en las pruebas.....	45
Figura 3.14 Desvaradora usada en las pruebas.....	45
Figura 3.15 Arado de dos rejas usado en las pruebas.....	46
Figura 3.16 Rotocultivador usado en las pruebas.....	46
Figura 4.1 Suelo de textura migajon.....	48
Figura 4.2 Gráfica del comportamiento de la densidad aparente..	49
Figura 4.3 Materia seca.....	50
Figura 4.4 Microrrelieve de la unidad experimental No.1 antes del paso del arado.....	51
Figura 4.5 Microrrelieve de la unidad experimental No.1 después del paso del arado.....	52
Figura 4.6 Microrrelieve de la unidad experimental No.1 después del paso del rotocultivador.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 4.1 Resultados de microrrelieve.....	50
Tabla 4.2 Desempeño de la configuración tractor-desvaradora.....	53
Tabla 4.3 Desempeño de la configuración tractor-arado de rejas...	55
Tabla 4.4 Variables calculadas con base a la configuración tractor-arado de rejas.....	56
Tabla 4.5 Desempeño de la configuración tractor-rotocultivador....	57
Tabla 4.6 Variables calculadas con base al desempeño de la configuración tractor-rotocultivador.....	58

RESUMEN

Hoy en día los sistemas de producción requieren sistemas alternativos de acondicionamiento del suelo para una buena germinación de la semilla, además, de una buena retención y conservación de la humedad cuando se presentan precipitaciones pluviales, y es que uno de los principales problemas que enfrenta un agricultor es a la hora de adquirir un tractor al seleccionar el tamaño adecuado de acuerdo a la potencia necesaria que va a requerir para realizar sus tareas de laboreo de suelo.

Es por eso que esta investigación consistió en evaluar el desempeño del tractor VICTOR 300 y sus implementos en tres parcelas bajo las mismas condiciones prevalecientes. La información generada permitirá saber si esta tecnología de tractores pequeños es adecuada en cuanto a desempeño, calidad de labor y eficiencia de trabajo, en las condiciones de los sistemas de producción locales.

La evaluación se realizó en el campo experimental de Buenavista (UAAAN) con un suelo de textura migajón, determinándose la densidad aparente antes de iniciar las labores, la pendiente del terreno y el contenido de humedad que existía al momento de realizarse las pruebas.

En el momento de estarse efectuando las labores se determinó la altura de corte, velocidad de trabajo, ancho, profundidad, tiempo total, tiempo perdido en cabeceras, patinaje y consumo de combustible, además, de medirse el relieve del suelo antes y después del paso de los implementos. Lo anterior con

la finalidad de obtener una base de datos que pueda ser utilizada en el futuro como herramienta para determinar que tan factible es esta tecnología en relación al tamaño de predios en que pueda ser utilizado.

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron en esta investigación se concluye que esta tecnología de tractores pequeños es adecuada en cuanto al desempeño, calidad de labor, y eficiencia de trabajo.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de tecnología de mecanización requiere de la aplicación de procedimientos de evaluación. EL propósito principal de una evaluación es obtener datos del comportamiento de una tecnología bajo condiciones agrícolas reales, es decir se compara el desempeño con los requerimientos para los que fueron diseñados (Crossley y Kilgour, 1983).

La consideración del tractor como medio de producción agrícola hizo, a principios de los años 60's, que organizaciones como la OCDE (Organización de cooperación para el Desarrollo Económico) crearan, dentro de la dirección de alimentación, agricultura y pesca, un grupo de representantes de países interesados para establecer unos procedimientos o códigos OCDE para los “ensayos oficiales de los tractores agrícolas”, con los que se pudieran valorar las “características de funcionamiento” de esta herramienta de producción imprescindible en la agricultura tecnificada, eliminando en lo posible las trabas técnicas al comercio internacional de tractores (Escamilla, 2004).

De todas las características de funcionamiento que los códigos OCDE incluyen, la medida de la potencia que el tractor puede desarrollar, pasa a considerarse como la característica esencial, y se preconiza su medida en la toma de fuerza, en aquellos

momentos única y directamente unida al motor pero también su capacidad de tracción como potencia en la barra de tiro, con la idea de que ésta podría suministrar una información más próxima a la que necesita el agricultor cuando trabaja en el campo (Márquez, 1999).

En relación a la evaluación de implementos varios países han desarrollado procedimientos. Por ejemplo, la norma cubana establece la

metodología para la determinación de la demanda energética de las maquinas a prueba y las posibilidades de satisfacerla por la fuente energética (tractor, chasis, porta-aperos, motor de combustión interna entre otros, trabajando a los regimenes establecidos en los requisitos agrotécnicos y en la documentación técnica.

Los resultados de las evaluaciones de tecnología de mecanización están muy ligados a las características de los sitios donde se realizan, en este sentido, el estudio de la dinámica de suelo iniciada en 1922 por el doctor Mark L. Nichols, ha definido cómo los dispositivos de tracción y los instrumentos de cultivo funcionan sobre diferentes condiciones de suelo. Esto ha proporcionado también criterios de diseño que los fabricantes han usado para mejorar la eficacia de instrumentos de cultivo, como arados, rastras, plantadores, cultivadoras, tracción y tractores.

La información obtenida de las actividades de evaluación además de su utilidad en el desarrollo de tecnología de mecanización, tiene una aplicación importante como herramienta de planeación en los países más desarrollados. En México, la planeación y el cálculo de necesidades de maquinaria son casi inexistentes. Cuando se realizan, los cálculos se basan en información cualitativa y se subestima en gran medida el número de fuentes de potencia e implementos requeridos. Así, las labores se realizan en condiciones poco favorables, con resultados pobres y con mayor gasto de energía, ya que requieren pasos adicionales de implementos para lograr las condiciones adecuadas de suelo.

En el caso particular de la mecanización de la agricultura mexicana, aún no se ha logrado un desarrollo adecuado del grado de mecanización debido a varias causas, entre las que podemos citar: las condiciones topográficas del terreno, los sistemas de producción utilizados, la tenencia de la tierra y sobre todo, a las condiciones socioeconómicas y de organización de los productores (Moreno Rico, 1990), ya que en México los predios de

los productores son pequeños. En el caso de Coahuila la media es de 10.5 ha. (INEGI, 2003).

De acuerdo a (Smith y Sims, 1990), las nuevas tecnologías desarrolladas en el área de ingeniería agrícola sólo tienen la posibilidad de incorporarse exitosamente a un sistema de producción, si reúnen características de compatibilidad con el sistema mismo, considerando aspectos técnicos, sociales y económicos. Dada la variedad de condiciones de trabajo reales y los niveles de sofisticación de implementos agrícolas diseñados para un objetivo, se hace difícil compilar procedimientos o tecnologías estandarizados a nivel internacional para la evaluación de los mismos, por lo que cada país ha optado por elaborar metodologías adaptadas a sus condiciones locales.

En México se ha iniciado la elaboración de normas y procedimientos para la prueba y evaluación de maquinaria agrícola (SAGAR, 2000; Citado por Domínguez, 2001). La evaluación se debe basar en los objetivos que la maquinaria debe cumplir para satisfacer los requerimientos de un buen establecimiento del cultivo, conservación de los recursos suelo y agua, así como un mínimo uso de energía.

Es el costo de operaciones lo que determina la energía y el tiempo utilizado por las personas, animales, máquinas e implementos en la labranza (Perdok y Kouwenhoven, 1984; Citado por Cadena, 2002), los factores más importantes que afectan la cantidad de energía requerida para las operaciones de labranza son el tipo de suelo, su condición de humedad, el tipo de implemento y la profundidad de trabajo.

Las evaluaciones de maquinaria agrícola que se realizan en todo el mundo son con el objetivo de obtener información que pueda contribuir en el futuro a realizar las labores en los sistemas de producción con la máxima eficacia y la mejor calidad.

La maquinaria agrícola es uno de los insumos más costosos de los sistemas de producción agrícola; sin embargo, en México, la selección y operación de la misma se realiza empíricamente. Esto ocasiona baja eficiencia y alto costo de las labores, principalmente las de labranza (Cadena et al, 2003).

Donnell Hunt (1983), menciona que es con frecuencia una combinación de lo que el agricultor piensa que es necesario y lo que los fabricantes piensan que el agricultor podría necesitar de la línea de equipo que ellos, los fabricantes, pueden producir con una ganancia. Las demandas del agricultor son creadas en gran medida en lo que ofrecen los fabricantes y el fabricante sólo construye lo que el agricultor comprará. El bienestar económico de los fabricantes de equipo depende en última instancia del bienestar económico de los agricultores; por lo tanto, un método eficiente que haga concordar el equipo con las necesidades reales de la agricultura beneficiará tanto a los agricultores como a los fabricantes. Por lo tanto, el problema de seleccionar maquinaria de campo con eficiencia es el de ajustar los factores del rendimiento del implemento, la disponibilidad de potencia, la mano de obra, y los costos hasta obtener una ganancia económica óptima (Maldonado J. 1990).

El manejo óptimo de la maquinaria agrícola se logra cuando el rendimiento económico de todo el sistema de máquinas se ha maximizado. Indudablemente muchas máquinas agrícolas se usan por tradición o por gusto; sin embargo, el rendimiento de un sistema de máquinas sólo es lucrativo cuando puede agregar valor a los productos y procesos superior al costo de operación del sistema. Aparentemente un costo mínimo debería ser una meta económica óptima, pero la maximización de las utilidades totales es la verdadera meta del productor. Por tanto, el buen manejo de la maquinaria requiere de operaciones apropiadas que se ajusten al sistema de producción de tal manera que su rendimiento total reditúe las máximas ganancias al productor (Hunt, 1983).

Es el tractor el que ha ayudado materialmente a reducir los costos de producción y aumentar la capacidad productiva del productor. La aceptación tan notable que ha tenido, indica de lo que son capaces los tractores y lo que puede esperarse en el futuro, ya que los tractores e implementos son llevados todavía a un más alto grado de eficiencia además de que el buen estado físico del suelo es esencial para la disponibilidad de agua y aire a las raíces (Cadena 1990).

No obstante los avances técnicos logrados con el fin de mejorar la eficiencia de la maquinaria agrícola, sus elevadas demandas energéticas hacen necesario planificar, organizar y gestionar su empleo con precisión. Aplicar este criterio al uso del tractor, contribuye a mejorar sensiblemente la eficiencia en el consumo de energía en el sector agrícola; ya que la mayor contribución que la mecanización agrícola puede hacer es ayudar a asegurar condiciones óptimas para el desarrollo de un cultivo en los momentos adecuados (FAO 1991).

Que los tractores sean "ahorrativos" o de bajo consumo no es una consecuencia exclusiva del diseño, el resultado también dependerá de la forma en que sea utilizado. Es posible optimizar el consumo con un adecuado empleo de la caja de velocidades y selección del régimen de funcionamiento del motor (Márquez Delgado 1990).

De acuerdo a lo antes mencionado, con la evaluación técnico-económica del tractor VICTOR 300 se podrá determinar hasta qué tamaño de superficie es adecuado, ya que los predios de los productores por lo regular son pequeños y como la potencia de esta máquina también es pequeña, podremos decir si las cualidades de este tractor son óptimas para el trabajo en campo que necesitan los productores, y como consecuencia, tendremos un gasto adecuado de energía, además de un costo apropiado en las labores, haciendo más competitivo el sistema de producción, sobre todo en las regiones más mecanizadas.

1.3. Objetivos e Hipótesis

Objetivo general:

El principal objetivo de esta investigación es evaluar el desempeño de la configuración del tractor VICTOR 300 con sus implementos.

Objetivo específico:

Evaluar la calidad de labor y eficiencia en campo del arado de rejas, segadora y rotocultivador acoplado al tractor VICTOR 300.

Hipótesis:

Mediante la evaluación técnico-económica del tractor VICTOR 300 y sus implementos, se generará información para poder determinar la factibilidad de uso, en relación al tamaño de predios en que pueda ser utilizado, construyendo una base de datos a partir de la evaluación en campo bajo condiciones en la que se tomaran en cuenta: textura, humedad del suelo, patinaje, gasto de combustible, profundidad, ancho y velocidad de trabajo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Criterios sobre el rendimiento del tractor.

El rendimiento de los tractores agrícolas puede ser expresado de muchas maneras. El criterio que mejor describe el rendimiento depende en gran parte del uso que se le dará al tractor.

Los agricultores se refieren comúnmente al tamaño de un tractor en términos del número de arados que puede arrastrar (Liljedahl, et al, 1984). El máximo jalón de la barra de tiro es utilizado a menudo para comparar y evaluar tractores. Desafortunadamente, el jalón de la barra de tiro es afectado gravemente por el suelo o por las condiciones de prueba y también por la condición de engranaje y el lastre que lleve.

La máxima potencia de la barra de tiro es normalmente el criterio de rendimiento más útil para tractores agrícolas. Para el agricultor que utiliza extensamente el tractor en máquinas que requieren un impulso de toma de fuerza, el criterio de mayor interés es la máxima potencia de toma de fuerza que puede ser desarrollada.

Antes de 1959 los máximos valores de potencia corregidos fueron determinados corrigiendo la máxima potencia observada de banda (o toma de fuerza) y de la barra de tiro en condiciones estándar. La potencia corregida de barra de tiro fue entonces multiplicada por 0.75 y la potencia de banda por 0.85 para llegar a una clasificación de potencia de barra de tiro y de banda.

2.2. Confiabilidad del tractor

Los tractores están siendo más complejos, potentes y de más alto costo. Al mismo tiempo que los operadores agrícolas se están volviendo más independientes sobre menos unidades de fuerza y menos jornaleros para la mayor parte del trabajo.

Como resultado se está dando mayor atención a los medios de hacer el trabajo completo más confiable. La confiabilidad es la probabilidad de que una máquina o una parte de ella cumplirá su función específica por periodo de tiempo dado bajo el medio ambiente prevaleciente.

2.3. Requerimientos de potencia de las máquinas de campo.

Los requerimientos de potencia de las máquinas de campo constan de requerimientos funcionales y de requerimientos de la resistencia al rodamiento. Los requerimientos funcionales son aquellos que se relacionan directamente con el procesamiento de los suelos, las semillas, las sustancias químicas o los cultivos. Generalmente, la resistencia al rodamiento (RR) es un requerimiento de potencia parásito indeseable que surge de la necesidad de mover máquinas pesadas sobre superficies de campo sueltos. Los implementos de labranza sólo presentan resistencia funcional cuando su peso es llevado en sus instalaciones y es necesario para la penetración del instrumento.

Campos (2004), indica que debido a los pocos conocimientos de los agricultores acerca del funcionamiento y las necesidades de la fuerza de tracción para los implementos, así como la potencia necesaria consumida por cada implemento para efectuar sus labores, se hace necesario conocer con precisión la magnitud y dirección de las fuerzas de reacción del suelo sobre un implemento, por lo que se requiere contar con instrumentos capaces de medir en forma precisa dichos parámetros para la evaluación de implementos de labranza bajo condiciones de campo.

2.4. Formas de transmitir potencia en los tractores

La transmisión de la potencia del tractor a través del cambio de velocidades puede realizarse por medio de las ruedas motrices y de la barra de tiro para llevar acabo esfuerzos por tracción, o bien utilizando la toma de fuerza o el sistema hidráulico. Todo el esfuerzo que el tractor tiene que efectuar en la barra de tiro para arrastrar los implementos debe apoyarse en el suelo a través de las ruedas motrices, dependiendo el esfuerzo de tracción de las condiciones del terreno, del estado de las ruedas y de su carga. La transmisión de potencia también se realiza mediante vía hidráulica. Con el elevador hidráulico se realizan trabajos pasados de elevación, como levantar diversas cargas o introducir o sacar implementos del terreno (Hernanz J. L 1988).

En general, el trabajo que exige más potencia del tractor es el del laboreo, y este será el que limite la potencia de los mismos. En este caso de necesidad de potencia máxima de tracción, hay que tener en cuenta que ésta depende de las características del tractor en correspondencia con las del suelo en las que se esté trabajando (Ortiz Cañavate, 1995).

2.5. El uso del tractor y el consumo de combustible.

Cuando hablamos de consumo de combustible generalmente se cae en comparar el rendimiento de determinados motores y/o tractores en litros por hora. Lo más importante está en tener siempre en cuenta la cantidad de combustible necesario para trabajar una hectárea. A iguales condiciones de trabajo el más eficiente será aquel que menos combustible consuma.

Que el tractor sea "eficiente" no depende exclusivamente del diseño de su motor sino también de la forma en que se acondicione y use ese equipo.

Sin embargo en el campo se pueden conseguir ahorros de más del 20 % con sólo respetar determinadas reglas y formas de uso para cada labor que se emprenda.

El secreto de un uso eficiente radica en minimizar las pérdidas que ocurren a campo tomando como puntos extremos la energía contenida en el gasoil y la que valoramos como trabajo agrícola realizado. Para ello debe tenerse en cuenta: el correcto mantenimiento del tractor, la amortización del conjunto tractor, implemento, regulación y ajuste, uso correcto de marchas y régimen del motor, el contacto rueda-suelo (e-campo, 2001).

2.6. Pérdidas por rodadura y patinaje.

La empresa John Deere menciona que cuando un tractor avanza sobre suelo agrícola, éste se deforma a su paso; tanto más cuanto más blando es.

Esta deformación será la responsable de estas pérdidas. La energía demandada por la rodadura se debe a la resistencia que opone el suelo al desplazamiento del tractor, y varía en función del tipo y tamaño de los neumáticos, el peso del tractor y la condición del suelo. La deformación vertical que se produce hace que las ruedas del tractor formen su propia pendiente a vencer, por llano que sea el terreno. También afecta la tierra que el tractor empuja inmediatamente delante de sus ruedas, esa “bufanda” que se forma cuando el suelo está muy suelto y que se denomina efecto “bulldozing”.

La empresa también comenta que las pérdidas por patinaje se producen por el giro en falso de la rueda motriz sobre el suelo. Una deformación del suelo preponderantemente horizontal hace que las ruedas corten horizontalmente el suelo en contacto y lo desplacen. Ambas pérdidas se contraponen ya que, un aumento en el lastrado disminuirá las pérdidas por patinaje pero al mismo tiempo incrementará el

esfuerzo por rodadura. La energía demandada por la rodadura se traduce en una menor capacidad de tiro a la barra y el patinaje en una disminución de la velocidad de avance.

Otro aspecto que ellos mencionan es que lo que más cuenta en el diseño para disminuir las pérdidas de potencia por rodadura, favoreciendo la transitabilidad, es el uso de ruedas con más superficie de apoyo. La menor presión por cm^2 de suelo se traduce en una huella de menor profundidad. Con neumáticos más anchos se gana superficie de apoyo, pero resulta más conveniente cuando se recurre a neumáticos de mayor diámetro. Para disminuir el patinaje existen dos alternativas: una es aumentar el peso sobre las ruedas de tracción mediante el empleo de lastre (estático y dinámico) y otra es aumentar la superficie de apoyo a través de un neumático más grande.

2.7. Neumáticos y tracción.

Portal, comenta que la capacidad de traccionar de un tractor agrícola es una sumatoria de factores entre los cuales el neumático juega un rol fundamental. La correcta selección de los neumáticos, la presión de inflado y la carga que se les adicione, permitirán optimizar la tracción para la marcha elegida.

El tipo de suelo a trabajar y el estado del mismo (humedad y compactación) será el que determine la combinación ideal de factores para maximizar el rendimiento del neumático agrícola, reduciendo el consumo de combustible y el desgaste del mismo.

El neumático agrícola tiene la función primordial de optimizar todos los factores de diseño del tractor para maximizar la tracción. Tiene que estar correctamente seleccionado y adecuarse a las condiciones de suelo imperantes con la carga correcta (lastrado), presión de inflado, velocidad y condiciones de tracción.

2.8. Protocolos de evaluación de implementos de labranza.

Actualmente existen varios protocolos de evaluación de implementos de labranza que han sido desarrollados por investigadores de distintos países entre los que se encuentran Gran Bretaña, Estados Unidos de Norte América y Cuba; en México a partir de 1999 se ha comenzado con la formulación de estos protocolos de prueba. Actualmente ya se cuenta con la aprobación de ellos, que son el de sembradoras y aspersoras, y algunos otros se encuentran en proceso como lo son el de arados y rastras.

Entre los procedimientos para la evaluación de arados se encuentran los siguientes.

2.8.1. Códigos y procedimientos de prueba para arados

Este procedimiento fue desarrollado por RNAM (1995), el protocolo incluye los siguientes aspectos:

I. Alcance de la prueba

Indica los tipos de arados que se podrán evaluar con este procedimiento.

II. Definición de términos

En este punto se definen los términos que serán usados en el transcurso de las pruebas.

III. Especificaciones del implemento

Aquí se hace mención sobre recopilar toda la información que pueda ser proporcionada por el fabricante, acerca del desempeño y capacidad de trabajo, mostrada

en manuales, libros de instrucciones, lista de partes de reserva y datos técnicos, e incluir esta información en el formato para el reporte de la prueba.

IV. Pruebas de laboratorio

El objetivo de esta prueba es confirmar las especificaciones y componentes esenciales proporcionados por el fabricante y hacer estudios para modificaciones y mejoras para el implemento.

Algunos puntos que se deben examinar son:

- Ajustes para ancho de trabajo, profundidad y nivel.
- Tipo de cortador disponible.
- Ajuste vertical del cortador.
- Material de la reja del arado, vertederas o discos.
- Aspectos de seguridad.
- Peso de las partes en contacto con el suelo antes y después de la prueba.

V. Condiciones de la prueba

Se considera el desempeño del arado según el tipo de suelo, contenido de humedad, distribución del suelo, crecimiento de malas hierbas y residuos de cultivo. Las condiciones de prueba son como sigue:

- a) Condiciones de campo
 - Área y forma de la prueba de campo.
 - Tipo y características del suelo.
 - Último cultivo en el terreno.
 - Altura del rastrojo del último cultivo.
 - Grado de infestación de las malas hierbas.

- Irrigación antes de arar.
- Contenido de humedad del suelo, densidad, perfil del penetrómetro e índice de cono en la profundidad de la aradura.

b) Condiciones del implemento y el operador

- Fuente de la potencia de tiro.
- Ajustes de las partes de trabajo del implemento.
- Patrón de trabajo del implemento.
- Velocidad de trabajo.
- Destreza del operador.

VI. Desempeño de la prueba

El objetivo principal de esta prueba es obtener datos confiables del implemento como: su capacidad de trabajo, calidad, eficiencia de campo, y adaptación a las diferentes condiciones del suelo en comparación con implementos tradicionales, para controlar y proveer información técnica básica.

Los parámetros a tomar y observar son:

- Ancho de trabajo.
- Profundidad de trabajo.
- Velocidad de trabajo real.
- Tiempo de operación real.
- Tiempo usado para las vueltas en las cabeceras.
- Tiempo usado para ajustes del implemento.
- Tiempo usado para contratiempos y otros.
- Consumo de combustible.
- Grado de inversión.

- Grado de pulverización.
- Atascamiento de malas hierbas y residuos de cultivo en el implemento.
- Adhesión del suelo en el implemento.
- Uniformidad de la superficie arada.
- Uniformidad del fondo del surco.
- Porcentaje de patinaje en las ruedas.
- Fuerza de tiro.

VII. Formato para el reporte de las pruebas

El reporte de la prueba debe de incluir la información en el orden siguiente:

- Título de la prueba.
- Introducción y antecedentes.
- Meta y objetivo de la prueba
- Planeación de la prueba y procedimiento.
- Principales tipos especificaciones del implemento a probar.
- Principales datos de las condiciones de prueba y resultados.
- Discusión, conclusión y recomendaciones.

2.8.2. Procedimiento para la evaluación de implementos de labranza primaria.

Este procedimiento para la evaluación de implementos de labranza primaria fue elaborado por El Programa de Cooperación Técnica México-Gran Bretaña (Esmith y Sims, 1990), y los aspectos principales que se incluyen son:

I. Propósito

Este procedimiento es aplicable para la evaluación de varios tipos de arados de disco y vertedera para tracción animal y para tractor.

II. definiciones y procedimientos generales

a) Arados

- Partes del arado de vertederas (se representa un esquema con sus respectivas partes).
- Tipos de succión del arado de vertederas.

b) Propiedades del suelo

- Textura.
- Contenido de humedad.
- Densidad de masa.
- Diámetro medio de los agregados.
- Índice de cono.
- Resistencia al corte.
- Inversión del suelo.

c) Medidas de la prueba

- Ancho de trabajo.
- Profundidad de trabajo.
- Velocidad de trabajo.
- Tiempo total de trabajo.
- Capacidad de campo efectiva.
- Capacidad teórica de campo.
- Eficiencia de campo.
- Fuerza de arrastre.
- Patinaje de las ruedas.

III. Procedimiento de prueba

a) Implemento a probar

El fabricante debe de proporcionar el implemento completo, junto con las especificaciones referentes a materiales, construcción, rendimiento esperado y rango de ajustes.

b) Trabajo de laboratorio

El objetivo de este punto es estudiar y confirmar las especificaciones y componentes esenciales, comparándolos con los datos proporcionados por el fabricante y considerar las pruebas que puedan ayudar en la modificación y mejoramiento del diseño del implemento.

- Ajuste de ancho de trabajo, profundidad y nivelación.
- Tipo de cuchilla o disco cortador disponible.
- Ajuste vertical del mismo.
- Material de la reja del arado, vertedera o disco.
- Aspectos de seguridad.
- Peso de las partes que trabajan en contacto con el suelo antes y después de la prueba.
- Arreglo de las partes de tiro

c) Trabajo de campo

- Condiciones en las que desarrolla la prueba
 - Tractores y animales de tiro.
 - Condiciones de campo.
 - Área y forma de la parcela de prueba.

- Tipo y carácter de suelo.
 - Topografía.
 - Último cultivo de la parcela.
 - Altura del rastrojo del último cultivo.
 - Grado de infestación de malezas.
 - Contenido e humedad del suelo.
 - Densidad en masa.
 - Pruebas de penetrómetro a diferentes profundidades de suelo.
 - Índice de cono a la profundidad de aradura.
 - Resistencia a la cizalla.
- Pruebas preliminares
 - Pruebas de rendimiento
 - Ancho de aradura.
 - Profundidad de aradura.
 - Área total arada.
 - Velocidad de trabajo.
 - Fuerza y ángulo de tiro o geometría.
 - Patinaje.
 - Tiempo empleado en dar vueltas en cabeceras.
 - Tiempo empleado por cualquier otra razón.
 - Tiempo total de operación.
 - Pruebas de durabilidad.
 - Pruebas en las parcelas de los agricultores.

IV. Reporte de la prueba

a) Diagrama y/o fotografía.

b) Especificaciones.

- Tipo de implemento.
- Fuente de la tracción (marca, modelo, número de serie, nombre y dirección del fabricante).
- Dimensiones generales en cm (largo, ancho, alto).
- Peso en Kg.
- Detalle de las partes en contacto con el suelo.
 - Tipo.
 - Número de cuerpos o discos.
 - Ancho de trabajote cada cuerpo o disco.
 - Tipo de vertedera.
 - Diámetro del disco y concavidad.
 - Material de la reja o disco.
 - Grueso de la reja, vertedera o disco.
 - Grado de dureza.
 - Succión horizontal.
 - Succión vertical.
- Cuchilla o disco cortador (tipo, tamaño y ajuste).
- Detalles de la rueda del implemento.
- Detalles del bastidor (tipo de construcción y dimensiones).
- Detalles de la viga (tipo de construcción y dimensiones).
- Detalles de la mancera (tipo de construcción, dimensiones, detalles).
- Detalles del enganche (tipo de construcción y forma).
- Tipo y rango de ajuste del ancho de corte, profundidad y nivelación).
- Velocidad recomendada de trabajo (Km/hr).
- Capacidad de trabajo (ha/hr).

2.8.3. Prueba y evaluación de arados.

Este proyecto de norma está elaborado por el Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA) y contempla los siguientes aspectos:

1. Generalidades.
2. Objetivos.
3. Alcance de la aplicación de la norma.
4. Definiciones.
5. Metodología para la prueba y evaluación del arado.
 - 5.1. Ítem de la investigación.
 - 5.2. Estudio técnico de la estructura.
 - 5.3. Evaluación en campo.
 - 5.4. Condiciones de la parcela de prueba.
 - 5.5. Prueba de ajuste.
 - 5.6. Evaluación de funcionamiento.
 - 5.7. Fuente de potencia.
 - 5.8. Estudio de seguridad maniobrabilidad.
 - 5.9. En el laboratorio.
 - 5.10. Durante la operación en campo.
 - 5.11. Prueba continua.
 - 5.12. Condiciones de la prueba.
 - 5.13. Tiempos de la prueba.
 - 5.14. Procedimiento de la prueba.
 - 5.15. Estudio mediante el desarme.

2.9. Parámetros principales para la evaluación del rotocultivador

1. Código de evaluación y procedimientos para rotocultivadores.

La labranza rotatoria, también llamada de arados rotatorios o motocultivadores, ha llegado a ser muy popular en los grandes países productores de arroz, a través de todo el mundo y específicamente en Asia, y enfocado para productores de pequeñas superficies.

Los suelos de moderada dureza pueden ser preparados más rápido con arados rotatorios y esta máquina puede jugar un papel muy importante en sistemas de doble o multicultivos, donde el tiempo para la preparación de suelo es limitado.

La buena función de pulverización del motocultivador y la superficie producida es más adecuada para la plantación de la semilla de arroz.

Las cuchillas rotatorias, sin embargo, no son convenientes para condiciones de suelo seco y duro y los costos de reemplazo del gusano de las cuchillas es muy alto. Las condiciones de un suelo inundado son necesarias para una eficiente operación de los motocultivadores.

2. Este código prescribe parámetros que miden y examinan la evaluación del funcionamiento, capacidad de trabajo y adaptabilidad del implemento para diferentes condiciones de suelo.

3. Alcances de la evaluación.

El código de evaluación y procedimientos es aplicable para rotocultivadores acoplados o montados a tractores de cuatro ruedas. Es notorio que muchos rotocultivadores son exclusivamente de tractores específicos. Dependiendo del tipo de implemento será el tipo de tractor a utilizar. En tal caso esta evaluación regularmente incluye la evaluación de tractores.

4. El siguiente es un perfil del código de evolución y procedimientos.

- a) Especificaciones de la máquina.
- b) Especificaciones de laboratorio.
- c) Condiciones de evaluación.
- d) Evaluación de funcionamiento.
- e) Evaluación de prácticas de campo.
- f) Criterios de evaluación.
- g) Evaluación de formatos para reportes.

5. Especificaciones de la máquina.

Previo a la evaluación, las especificaciones de la maquina, así como, la información recomendada debe de ser estrictamente revisada de acuerdo a la información establecida por el diseñador, y la capacidad de trabajo se tiene que confirmar y examinar. La máquina debe ser adquirida con toda la información técnica. (Manual de operación y mantenimiento, lista de agencias o distribuidores, datos técnicos y lista de partes o refacciones)

6. Las especificaciones del diseñador deben ser verificadas y reportadas en el formato de reportes de la evaluación.

7. Pruebas de laboratorio

El principal objetivo de las pruebas de laboratorio es estudiar y confirmar las especificaciones y comparar los componentes esenciales que son otorgados por el diseñador.

Algunos de los parámetros examinados a través de la prueba de laboratorio son:

Ajustes de la profundidad de trabajo.

- a) Sistemas de transmisión.
- b) Aspectos de seguridad.

Cubiertas de partes en movimiento especialmente en el sistema de transmisión y cuchillas rotatorias.

Arreglo del sistema de transmisión preparado para la operación, cuando el nivel de la máquina es puesto en la posición de reversa.

- c) Material de las cuchillas.
- d) Peso de la cuchilla antes y desoyes de la evaluación.

8. Condiciones de la evaluación

El funcionamiento del motocultivador varía considerablemente de acuerdo al tipo y contenido de humedad en el suelo, maleza, residuos de cultivo y velocidad de transporte, por tanto las condiciones de evaluación tienen que estar claramente indicadas. Las condiciones de la prueba fueron definidas como sigue:

Condiciones de campo

- a) Área y forma de la parcela de prueba.
- b) Tipo y características del tipo de suelo.
- c) Último cultivo de la parcela.
- d) Altura del rastrojo del último cultivo.
- e) Condición de la maleza (grado de infestación).
- f) Contenido de humedad, densidad de masa, perfil del penetrómetro (índice de cono en la profundidad de labranza).

Condiciones de la máquina y operador

- a) Diseñador, modelo y potencia del rotocultivador.
- b) Ajuste de parte en operación.
- c) Movimiento de la máquina en diseño de campo.
- d) Velocidad de traslado.
- e) Velocidad de trabajo.
- f) Habilidad del operador.

9. Evaluación de funcionamiento

El principal objetivo de la evaluación de funcionamiento es obtener datos fidedignos en la máquina como:

- capacidad de trabajo.
- calidad de trabajo.
- eficiencia de campo.

- adaptabilidad.

10. La evaluación deberá realizarse en cinco parcelas seleccionadas. El área de cada parcela no debe ser mayor de 0.2 ha para rotocultivadores acoplados a tractor de cuatro ruedas. El terreno debe de ser un rectángulo con relación 2:1 como sea posible.

Los parámetros a evaluar son:

- Ancho de trabajo.
- Profundidad e trabajo.
- Velocidad de trabajo actual.
- Horas actuales de operación.
- Tiempo perdido en las cabeceras por vueltas.
- Tiempo perdido para ajustes de la máquina.
- Tiempo perdido por problemas y otros.
- Consumo de combustible.
- Grados de maleza enterrada y residuos de cultivo en el suelo.
- Pulverización de suelo.
- Maleza y residuos de cultivo enredada en la maquina.
- Adhesión del suelo en la maquina.
- Superficie labrada.
- Superficie.
- Porcentaje de patinaje.
- Consumo de potencia.

11. Evaluación práctica de campo.

El objetivo de esta evaluación es confirmar la adaptabilidad del rotocultivador para las condiciones prácticas en acampo. Los parámetros medidos y examinados son

también realizados en la prueba de funcionamiento. La práctica de pruebas en campo debe ser realizada en cinco parcelas.

Criterios para la valuación de rotocultivadores

La eficiencia y los parámetros apropiados de los rotocultivadores son evaluados de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Condiciones de campo.
- b) Condiciones de suelo.
- c) Pulverización y función de enterrado.
- d) Superficie laborada.
- e) Número de operaciones o pasos requeridos para la preparación de la cama de siembra.
- f) Fuente de poder.
- g) Facilidad de operación y mantenimiento de la máquina.
- h) Capacidad de trabajo de la máquina
- i) Requerimientos de labor.
- j) Costos de la operaron de la máquina.

Formato de reporte o evaluación

13. El reporte de la evaluación incluye la siguiente información en el orden dado:

- a) Título de la evaluación.
- b) Introducción y antecedentes.
- c) Propósitos y objetivos de la evaluación.
- d) Planos y procedimientos de la evaluación.

- e) Tipo y principales especificaciones de la máquina evaluada.
- f) Datos principales de la evaluación y resultados.
- g) Discusión, conclusión y resultados

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO DE EVALUACIÓN.

3.1.1. Determinación del contenido de humedad (%)

Para determinar la humedad en el terreno al momento de realizar las pruebas en campo, se tomaron 5 muestras con una barrena para determinar el contenido de humedad en el perfil del suelo hasta una profundidad de 25 cm, con intervalos de 5 cm entre ellas; se pesaron con una balanza de precisión y se llevaron al laboratorio de física de suelos para secarse en una estufa a 105°C durante 24 horas, para posteriormente secas, volverse a pesar utilizando el método gravimétrico y determinar así el contenido de humedad por medio de la siguiente formula:

$$P_w = \left[\frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} \right] * 100$$

Donde:

P_w= Contenido de humedad (%).

P_{SH}= Peso de suelo húmedo (gr).

P_{SS}= Peso de suelo seco (gr).



Fig. 3.1. Muestreo de humedad.



Fig. 3.2. Balanza de precisión.

3.1.2. Determinación de la pendiente del terreno.

La pendiente del terreno se determinó midiendo desniveles por medio del nivel de manguera, donde se tomó el punto más alto y el más bajo de la parcela y por medio de la diferencia de alturas, se determinó el grado de pendiente del mismo.

3.1.3. Determinación de la densidad aparente (g/cm^3)

Se tomaron 5 muestras en el perfil del suelo con una barrena en cilindros de volumen conocido, hasta una profundidad de 25 cm, con intervalos de 5 cm entre ellos, cada muestra se pesó rápidamente después de haber sido extraída y después fueron llevadas al laboratorio para ser secadas en una estufa a una temperatura de 105°C por 24 horas y posteriormente volverlas a pesar.

La densidad aparente se calculó por medio de la siguiente ecuación:

$$Dm = \frac{M}{V}$$

Donde:

Dm= Densidad aparente (g/cm³)

M= Masa de la muestra de suelo seca (g)

V= Volumen del cilindro

3.1.4. Determinación del % y peso de cobertura vegetal.

Para realizar esta prueba se utilizó un marco (Fig. 3.3) de 1 m² dividida en 100 cuadros, por lo que cada cuadro representa un 1%, se tomaron lecturas con base al porcentaje de vegetación que cubría cada cuadro y la suma total de la misma representa el % de cobertura vegetal. Se realizaron 2 repeticiones por cada parcela. Posteriormente se recogió toda la cubierta vegetal que cubría el marco y se pesó, luego fue llevada al laboratorio a secar en una estufa con circulación de aire durante 120 horas a una temperatura de 70–75°C para después nuevamente ser pesada y determinar el peso de materia seca.



Fig.3.3. Aparato utilizado para la determinación de cobertura vegetal.

3.1.5. Determinación del diámetro del tallo de la planta y altura de la misma antes del paso del implemento.

Para la determinación de esta prueba se hicieron 3 repeticiones por parcela, las cuales consistieron en marcar con pintura las plantas que se encontraban en un metro lineal determinado, en el que se tenía un punto de referencia fuera de la parcela por si se requería después del paso del implemento, posteriormente se les midió el diámetro con un Vernier y su altura correspondiente (Fig. 3.4). El objetivo de marcar las plantas, fue para saber cuáles son las que hay que volver a medir después del paso del implemento.



Fig. 3.4. Altura de planta y diámetro de tallo.

3.1.6. Medición del microrrelieve antes de las labores.

Para realizar esta prueba primero se instaló el medidor de microrrelieve en la parcela a trabajar (Fig. 3.5), nivelándose las seis barras a una altura a la que se pudiera tomar las respectivas medidas. El siguiente paso fue colocar en cada uno de los 20 puntos localizados a lo largo del bastidor, la barra con varillas localizadas en forma perpendicular a lo largo de la misma; por cada uno de los puntos del medidor se obtuvieron 20 lecturas de la barra sumando un total de 400 lecturas.

Esta caracterización se realizó con una repetición antes del paso de cada implemento por parcela, una vez que se obtuvieron las lecturas del microrrelieve, los datos se introdujeron en una hoja de cálculo de “Microsoft Excel” para que fueran analizados mediante una gráfica y comparar los datos de la labor antes y después del paso de cada implemento.



Fig. 3.5. Aparato utilizado para medir el microrrelieve del suelo.

3.2. EVALUACIÓN DE LA LABOR DE LA DESVARADORA.

3.2.1. Altura de corte (cm).

Para determinar la altura de corte del implemento, se marcaron en un metro lineal las plantas a medir después del paso del implemento, como se mencionó en el punto 3.1.5.



Fig.3.6. Altura de Corte.

3.2.2. Ancho de trabajo (m).

Para determinar el ancho de trabajo, el primer paso fue marcar una línea recta con cal en el límite inicial de la parcela hasta el límite final de la misma para que sirviera como punto de referencia en el paso del implemento y

posteriormente tomar 5 medidas de ancho de trabajo en lo que correspondía a esa línea, cabe mencionar que se tomaron como referencia de 4 a 5 líneas para la toma de datos de ancho de trabajo de la desvaradora, arado de rejas y rotocultivador utilizados en la evaluación.



Fig.3.7. Determinación del ancho de trabajo.

3.2.3. Velocidad de trabajo (Km/hr).

La velocidad de trabajo, fue calculada tomando en cuenta el tiempo que se utilizó con el tractor y el implemento en recorrer una distancia de 20 m cuatro estacas fueron clavadas en las esquinas de la parcela para formar un rectángulo, como se muestra en la Fig. 3.8.

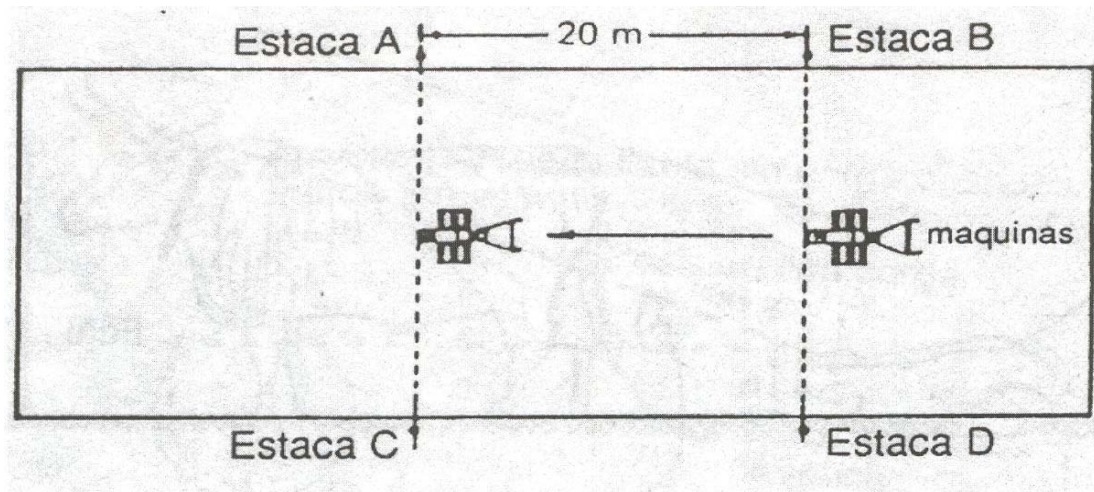


Fig. 3.8. Medición de la velocidad de trabajo.

La ecuación utilizada para calcular la velocidad de trabajo fue la siguiente:

$$V = \left(\frac{d}{t} \right) * 3.6$$

Donde:

V= Velocidad (Km/hr).

d= Distancia recorrida en (m).

t= Tiempo en recorrer esa distancia (seg).

3.2.4. Tiempo total de trabajo (min).

El tiempo total de trabajo se determinó con un cronómetro desde el momento en que se empezaron a realizar las labores, hasta el momento en que el tractor y el implemento terminaron el área total a trabajar.

3.2.5. Tiempo en cabeceras (min).

El tiempo en cabeceras se determina cuando el tractor sale del área de trabajo, es decir, se mide el tiempo que el tractor tarda en virar fuera de la parcela para volver al área de trabajo.

3.2.6. Consumo de combustible (l/hr)

El consumo de combustible se determinó de la siguiente manera:

Para la determinación del consumo de combustible se identificó una marca que se encuentra en el depósito, el cual consistió en llenar de combustible el depósito hasta la marca identificada antes de iniciar la labor; terminada ésta se procedió a volver a llenar el depósito de combustible mediante una probeta graduada de volumen conocido hasta la marca de referencia. La cantidad de combustible que hacía falta para completar el volumen inicial fue el que se consumió en la labor.

Desde el momento en que se iniciaban las pruebas en la parcela, se tomaba el tiempo hasta el momento en que se terminaban.



Fig. 3.9. Determinación del consumo de combustible.

3.3. EVALUACIÓN DE LA LABOR DEL ARADO DE REJAS.

3.3.1. Ancho de trabajo (m).

Para determinar el ancho de trabajo en el arado de rejas se realizó la misma metodología mencionada en el punto 3.2.2.

3.3.2. Profundidad de trabajo (cm).

Para medir la profundidad de trabajo con el arado, se tomaron 5 medidas por línea en el paso del implemento y se usaron como referencia de 4 a 5 líneas para obtener la profundidad promedio de trabajo, el cual consistió en que una vez que pasó el arado se colocaba un nivel totalmente horizontal, se medía con una regla graduada en cm, desde el piso de trabajo del implemento hasta el extremo inferior del nivel (Fig. 3.10).



Fig. 3.10. Determinación de profundidad de trabajo.

3.3.3. Velocidad de trabajo (Km/hr).

Para determinar la velocidad de trabajo en el arado, se utilizó la misma metodología mencionada en el punto 3.2.3.

3.3.4. Tiempo total de trabajo (min).

El tiempo total de trabajo se calculó de la misma forma en que se mencionó en el punto 3.2.4.

3.3.5. Tiempo en cabeceras (min).

El tiempo en cabeceras se determinó de la forma en que se mencionó en el punto 3.2.5.

3.3.6. Consumo de combustible (l/hr).

Para determinar el consumo de combustible, se realizó de la misma forma que se mencionó en el punto 3.2.6.

3.3.7. Patinaje de las ruedas (%).

La distancia que un tractor recorre en un número de revoluciones de la rueda motriz se reduce cuando las ruedas patinan (Fig. 3.11). El método que se usó para calcular cantidad de patinaje, consistió en colocar una marca en la rueda motriz del tractor y contar 8 revoluciones con el implemento levantado (posición sin carga) y medir la distancia recorrida, posteriormente en la misma superficie y revoluciones, se realizó la misma operación pero con el implemento en posición de trabajo (posición con carga).

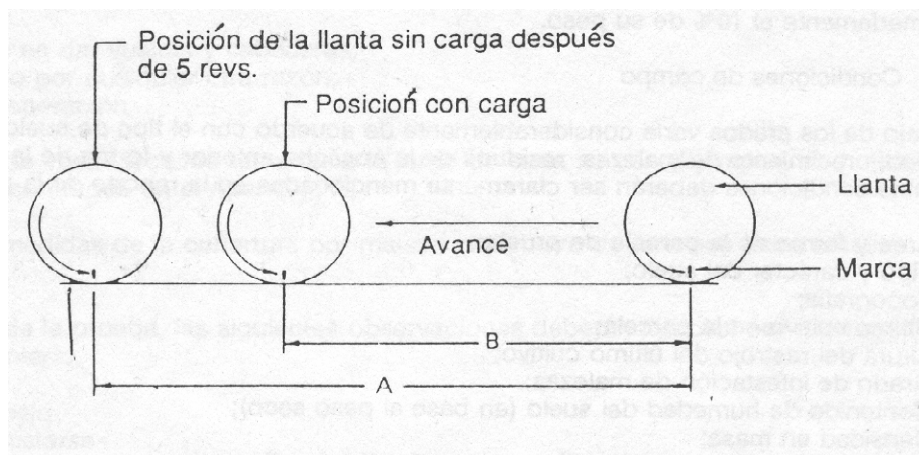


Fig. 3.11. Medición de patinaje.

La ecuación utilizada para calcular el porcentaje de patinaje fue la siguiente:

$$PP = \left[\frac{A - B}{A} \right] * 100$$

Donde:

PP= % de patinaje.

A= Distancia recorrida por la rueda con el implemento levantado (m).

B= Distancia recorrida por la rueda con el implemento en posición de trabajo (m).

3.3.8. Capacidad teórica de campo (ha/hr).

Usando los valores promedio de ancho de trabajo y velocidad de trabajo, la capacidad teórica, sin tomar en cuenta la eficiencia de trabajo, fue calculada por medio de la siguiente expresión:

$$CTC = \frac{(APT) * (VP)}{10}$$

Donde:

CTC= Capacidad teórica de campo (ha/hr).

APT= Ancho promedio de trabajo (m).

VP= Velocidad promedio de trabajo (Km).

3.3.9. Capacidad efectiva de campo (ha/hr).

La capacidad efectiva para esta investigación fue calculada por medio de la siguiente ecuación:

$$CEC = \frac{X}{Y}$$

Donde:

CEC= Capacidad efectiva de campo (ha/hr).

X= Área total trabajada (ha).

Y= Tiempo neto utilizado en las labores (hr).

3.3.10. Eficiencia de las labores (%).

La eficiencia de las labores se calcula por medio de la siguiente expresión.

$$E = \left(\frac{CEC}{CTC} \right) * 100$$

Donde:

E= Eficiencia de las labores (%).

CEC= Capacidad efectiva de campo (ha/hr).

CTC= Capacidad teórica de campo (ha/hr).

3.3.11. Índice de disturbación energética (ml/m³).

El índice de disturbación energética, indica la cantidad de combustible que consume un implemento por unidad de volumen de suelo.

El cálculo de esta variable se realizó mediante las siguientes ecuaciones:

$$V = 10000 * P \quad (1)$$

Donde:

V= Volumen de suelo trabajado (m³/ha).

10000= Equivalencia de una hectárea a metros cuadrados.

P= Profundidad de trabajo (m).

$$CCS = \frac{GC}{CTC} \quad (2)$$

Donde:

CCS= Consumo de combustible por superficie (l/ha).

GC= Gasto de combustible (l/hr).

CTC= Capacidad teórica de campo (ha/hr).

Al tener los valores de las ecuaciones 1 y 2 se sustituyen en la siguiente ecuación:

$$IDE = \frac{CCS}{V} * 1000$$

Donde:

IDE= Índice de disturbación energética (ml/m³).

3.3.12. Medición del microrrelieve después de la labor.

Este procedimiento se mencionó en el punto 3.1.6, el cual se realizó antes del paso con el implemento, en donde se puso una estaca de referencia fuera de la parcela a trabajar, con la finalidad de registrar en ella la altura a la que se estuviera trabajando con el medidor de microrrelieve, así como la distancia de ésta al medidor, para que una vez que pasara el implemento se volviera a medir el microrrelieve en el mismo lugar y a la misma altura.

3.3.13. Índice de rugosidad y estimación de la densidad aparente después de la labor.

El índice de rugosidad del suelo se calcula por medio de la desviación estándar efectuada a los datos de microrrelieve, tomados después del paso del implemento y la densidad aparente después de la labor, se calculó de la siguiente manera.

Ejemplo:

$\bar{U}$ = 24.07 cm, Media de los datos de microrrelieve después de la labor.

$\bar{U}$ = 18.68 cm, Media de los datos de microrrelieve antes de la labor.

Diferencia de las medias de trabajo .0539 m³

Densidad aparente antes de la labor= 1.213 Ton/m³

Profundidad media de trabajo= 15.04 cm³

+ .1504 m³ = Profundidad de trabajo

+ .0539 m³ = Diferencia de las medias de trabajo

.2043 m³ = Volumen de suelo trabajado

1.213 Ton 1 m³

X1504 m³

X = .1824 Toneladas de suelo.

$\frac{.1824 \text{ Ton.}}{.2043 \text{ m}^3} = 0.84 \text{ Ton/m}^3$ = Densidad aparente después de la labor.

3.4. EVALUACIÓN DE LA LABOR DEL ROTOCULTIVADOR.

3.4.1. Ancho de trabajo (m).

Para determinar el ancho de trabajo del rotocultivador se utilizó la misma metodología mencionada en el punto 3.2.2.

3.4.2. Profundidad de trabajo (cm).

Para el caso de profundidad de trabajo del rotocultivador la prueba consistió en usar el implemento en uno de los límites de trabajo de cada parcela y ponerlo en marcha; una vez que se tuvo la marca, se procedió a levantar los datos requeridos de profundidad.

3.4.3. Velocidad de trabajo (Km/hr).

Para determinar la velocidad de trabajo con este implemento, se utilizó la misma metodología mencionada en el punto 3.2.3.

3.4.4. Tiempo total de trabajo (min).

Con respecto al cálculo del tiempo total se utilizaron los mismos pasos mencionados en el punto 3.2.4.

3.4.5. Tiempo en cabeceras

Para determinar el tiempo perdido en las cabeceras se determinó de la misma manera en que se mencionó en el punto 3.2.5.

3.4.6. Consumo de combustible (l/hr).

Para determinar el consumo de combustible se realizó de la misma forma que se mencionó en el punto 3.2.6.

3.4.7. Tamaño promedio de agregados (mm).

El grado de pulverización del suelo es medido evaluando el tamaño medio de los agregados. Una muestra cúbica de suelo es pasada a través de una serie de tamices y el peso del suelo retenido en cada tamiz es pesado.

Para el cálculo de esta variable se realizaron dos repeticiones por parcela para el rotocultivador, ya que para el arado no se pudo realizar, por que en el proceso de acarreo la muestra se pulverizó y las condiciones originales se perdieron.



Fig.3.12. Tamices utilizados para la determinación del tamaño de agregados.

El tamaño de agregados para implementos de labranza secundaria se calculó por medio de la siguiente ecuación propuesta en la metodología de Smith y Sims (1990)

Diámetro medio de las partículas de suelo, mm= $(1/W) (5A + 15B + 25C + 35D + 45E + NF)$.

$$W = A + B + C + D + E + F.$$

5, 15, 25, 35, 45= Tamaño medio de las partículas retenidas en el tamiz (mm).

N= Media de los diámetros de los agregados de suelo retenidos en el tamiz de apertura más grande en mm.

Sin embargo, para el cálculo del tamaño de agregados en esta investigación, se modificó la ecuación anterior, debido a que no se contaba con los tamaños de los tamices que se necesitan para dicha ecuación, por lo que la ecuación corregida quedó de la siguiente manera:

$$D = \left(\left(\frac{1}{W} \right) 44.45A + 30.16B + 11.85C + 5.96D + 3.68E + 2.87F + 2.03G + 1.43H + NI \right)$$

Donde:

D= Diámetro promedio de los agregados (mm)

W= Masa total de la muestra (Kg).

N= Media de los diámetros de los agregados de suelo retenidos en el tamiz de apertura más grande, mm.

A= Peso de los agregados con diámetro > 44.45 mm.

B= Peso de los agregados con diámetro >30.16 < 44.45 mm.

C= Peso de los agregados con diámetro > 11.85 < 30.16 mm.

D= Peso de los agregados con diámetro > 5.96 < 11.85 mm.

E= Peso de los agregados con diámetro > 3.68 < 5.96 mm.

F= Peso de los agregados con diámetro > 2.87 < 3.68 mm.

G= Peso de los agregados con diámetro > 2.03 < 2.87 mm.

H= Peso de los agregados con diámetro > 1.43 < 2.03 mm.

I= Peso de los agregados con diámetro < 1.43 ; sin embargo, en esta investigación no se contó con un tamiz menor a esa apertura por lo que I toma el valor de cero.

3.4.8. Capacidad teórica de campo (ha/hr).

Para la determinación de la capacidad teórica de campo se emplearon los mismos pasos utilizados en el punto 3.3.8.

3.4.9. Capacidad efectiva de campo (ha/hr).

En el cálculo de la capacidad efectiva para rotocultivador se utilizó la misma metodología empleada en el punto 3.3.9.

3.4.10. Eficiencia de las labores (%).

Para el cálculo de la eficiencia con respecto al rotocultivador se utilizó la misma metodología mencionada en el punto 3.3.10.

3.4.11. Índice de disturbación energética (ml/m^3).

Para determinar el índice de Disturbación energética, se siguió la misma metodología que se utilizó para el arado de rejas mencionado en el punto 3.3.11.

3.4.12. Medición del microrrelieve después de la labor.

La metodología usada en el punto 3.3.12 es la misma que se utilizó para este punto.

Tractor e implementos usados en la evaluación.



Fig. 3.13. Tractor usado en las pruebas.



Fig. 3.14. Desvaradora usada en las pruebas.



Fig. 3.15. Arado de dos rejas usado en las pruebas.



Fig. 3.16. Rotocultivador usado en las pruebas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Ubicación geográfica.

Esta investigación se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, que se encuentra ubicado en la exhacienda de Buenavista, localizada a 7 km al sur de Saltillo, Coahuila, México, teniendo las siguientes coordenadas geográficas: 100° 59’ 57” de longitud oeste, 25° 23’ 42” de latitud norte y una altitud de 1743 msnm. El clima que se presenta de forma predominante es templado con veranos cálidos y lluvias intermedias en verano e invierno. La temperatura media anual es de 19.8 °C y una precipitación media anual de 455 mm. La evaporación media anual oscila entre los 1956 mm. Los vientos predominantes tienen una dirección noreste, con velocidades de 22.5 Km/hr (Pérez, 2003).

4.2. Topografía.

La pendiente del terreno se determinó midiendo desniveles por medio del nivel de manguera, en el cual los resultados arrojados para la parcela 1 fue de 2.57 %, para la parcela 2 de 1.11% y para la parcela 3 de 1.40 %.

4.3. Características del suelo.

El suelo en el que se trabajó (Fig. 4.1), después de haber sido analizado en laboratorio, se determinó que contiene 37.5 % de arena, 40.9 % de limo y 21.6 % de arcilla y de acuerdo al triángulo de texturas del USDA (Departamento de Agricultura de Estados Unidos) corresponde a un suelo migajón con 1.86 % de materia orgánica, por lo que se considera medianamente rico.



Fig. 4.1. Suelo de textura migajón.

4.4. Contenido de humedad.

Al momento de realizar las pruebas de desempeño del tractor con sus implementos en los sitios de evaluación, se trabajó de acuerdo al contenido gravimétrico de humedad promedio que se obtuvo en el perfil del suelo de 0–25 cm, para la parcela numero 1 fue de 12.45%; mientras que en la parcela 2 se trabajó con un promedio de humedad de 11.78% y en la parcela número 3 se realizaron las labores con un 12.96% de humedad, tanto para el arado como para el rotocultivador.

4.5. Densidad aparente.

Los resultados que se obtuvieron en las tres parcelas antes de realizar las labores se representan en la siguiente gráfica.

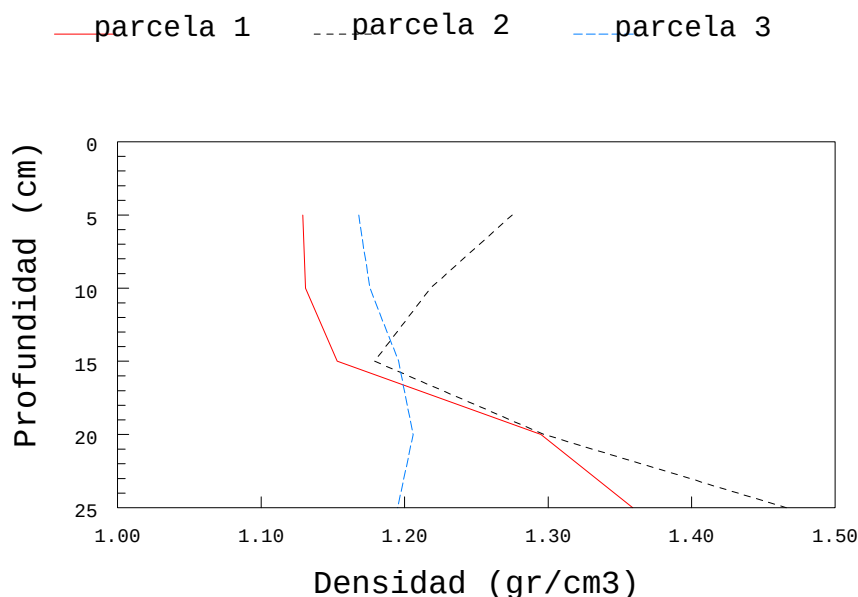


Fig. 4.2. Gráfica del comportamiento de la densidad aparente

En relación a la densidad aparente (fig. 4.2) la parcela 2 es mayor en un 5.75% en relación a la parcela 1 y en un 7.7% en relación a la parcela 3. Esto indica que hay una mayor resistencia a la penetración, y por consecuencia se requerirá de una mayor potencia al momento de realizar la labor comparada con las otras dos unidades experimentales, lo que traerá como consecuencia un mayor consumo de combustible por parte del tractor

4.6. Cobertura vegetal.

El porcentaje de cobertura vegetal en la parcela No.1 fue de 77.05% con una cantidad de materia seca de 9.34 Ton/ha, mientras que en la parcela No.2 tuvo una cobertura vegetal 70.03% con una cantidad de materia seca de 9.59 Ton/ha y la parcela No.3 tuvo 45.87% de cobertura vegetal y 6.82 Ton/ha de materia seca, cabe mencionar que las plantas que se encontraban en las parcelas fueron: ***Ambrosia sp*, *Asistida sp*, *mahlenbergia sp*.**



Fig. 4.3. Materia Seca

4.7. Medición de microrrelieve.

Tabla 4.1. Resultados de microrrelieve.

Parcela	Parámetro	Antes de la labor del arado	Después de la labor del arado	Después de la labor del rotocultivador
1	Rugosidad (D.E. cm)	2.09	5.36	2.67
	Dif. alturas (cm)	10.2	35	15.5
2	Rugosidad (D.E. cm)	3.29	7.08	4.63
	Dif. alturas (cm)	16	37	23.6
3	Rugosidad (D.E. cm)	2.6	7.26	4.31
	Dif. alturas (cm)	13.8	33.9	18.6

De acuerdo a los resultados de la tabla 4.1 podemos ver como después del paso del arado, la rugosidad en las parcelas aumentó notablemente con respecto a la que se tenía antes del paso del arado; lo cual significó un aumento en la porosidad y en la creación de condiciones apropiadas para una mejor captación y retención de agua de lluvia. Aunque después del paso del rotocultivador la rugosidad disminuyó, las condiciones del suelo para una retención de humedad son apropiadas en caso de que presentara una precipitación pluvial. Se pueden ver las diferencias de alturas que existían entre los puntos más altos y los más bajos en cada parcela, la cual sigue la misma tendencia que el coeficiente de rugosidad.

Las siguientes figuras muestran las condiciones en la que se encontraba el suelo de la parcela 1 antes y después del paso de cada implemento.

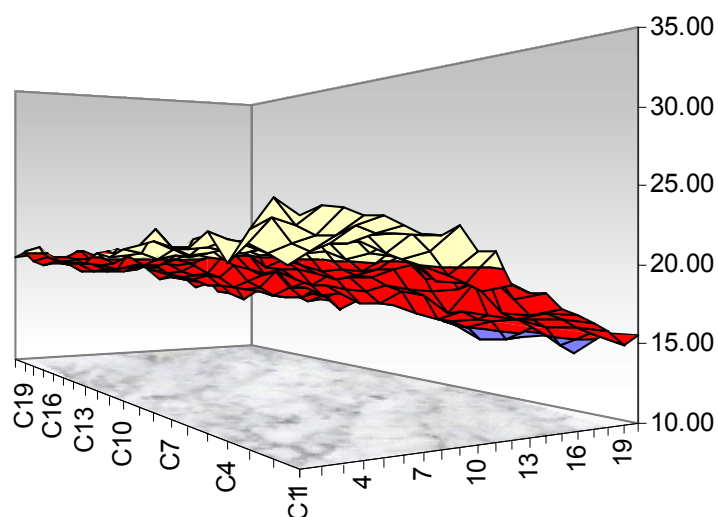


Fig. 4.4. Microrrelieve de la unidad experimental No.1 antes del paso del arado.

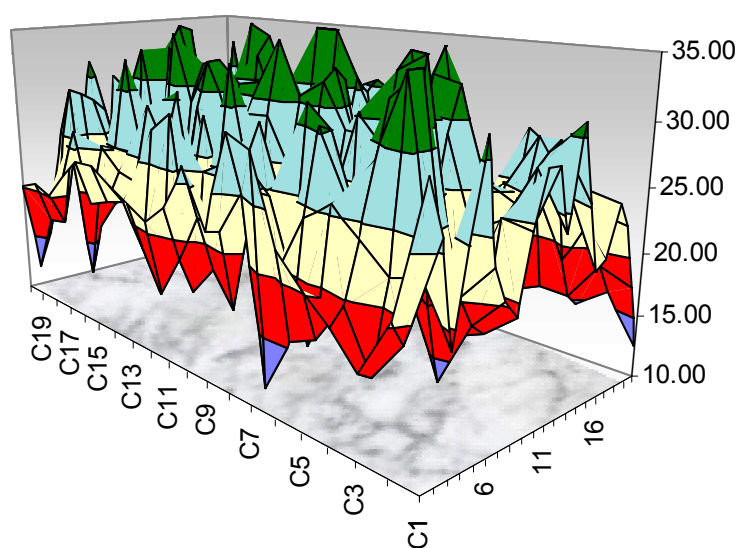


Fig.4.5. Microrrelieve de la unidad experimental No.1 después del paso del arado.

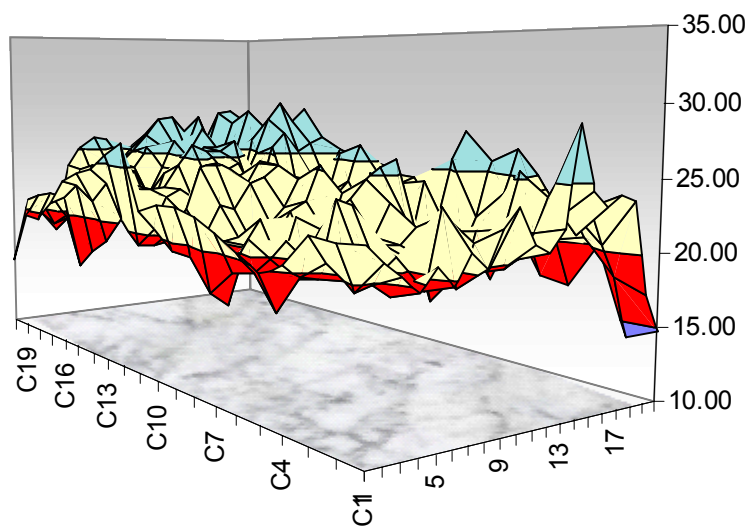


Fig. 4.6. Microrrelieve de la unidad experimental No.1 después del paso del rotocultivador.

4.8. Resultados del trabajo de campo.

Resultados de la labor de la desvaradora.

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron en campo, en la tabla 4.2 se puede observar que la eficiencia de corte de la desvaradora de acuerdo a la media de las tres parcelas fue del 88% y un coeficiente de variación que nos indica que hubo una mínima variabilidad del 3% en ellas, lo que nos indica que este implemento cumple con los requisitos apropiados para efectuar estas labores. En relación a la altura de corte, se nota una variabilidad en la altura de corte del 36% a una velocidad promedio de 1.5 Km/hr esto fue debido a que la altura de corte de la parcela 1 fue muy alta con respecto a la parcela 2 y 3 (ver tabla 11 en anexos), ya que como no se tiene un control en la palanca del hidráulico hay que ir regulándola constantemente cuando se encuentra con una ondulación en el terreno.

Tabla 4.2. Desempeño de la configuración tractor-desvaradora.

Parámetros	Media de los datos.	Desviación estándar.	Coeficiente de Variación.
Diámetro de tallo (mm)	3.593	0.150	4%
Altura de planta (cm)	40.81	10.359	25%
Altura de corte (cm)	8.686	3.152	36%
Eficiencia de corte (%)	88	3	3%
% de cob. vegetal	64.65	16.540	26%
Ancho de trabajo (m)	0.986	0.005	1%
Velocidad (km/hr)	1.5	0	0%
Combustible (Lt/hr)	1.443	0.106	7%
Capacidad teórica de campo (ha/hr)	0.148	2.6E-09	0%
Capacidad efectiva (ha/hr)	0.122	0.008	7%

Consumo de combustible por área (Lt/ha)	11.836	0.621	5%
Eficiencia de labor (%)	80.4	3.004	4%

En cuanto a la capacidad teórica, no existió ninguna diferencia en ambas parcelas, esto debido a que en el ancho de trabajo y la velocidad no existe diferencia alguna entre ambas parcelas. En lo que se refiere a consumo de combustible existió una mínima variabilidad del 5% entre las tres parcelas con un gasto promedio de 11.83 lt/ha (Tabla 10 en anexos), con relación a una investigación de la Universidad de Missouri se esta por encima de lo que ellos reportan, que es de 7.48 lt/ha, lo que significa un 36% más en el gasto de combustible por superficie, esto debido a que la velocidad a la que ellos trabajaron fue mucho mayor, comparada a la que se reporta en esta investigación.

En relación a la capacidad efectiva de campo, hay una diferencia mínima entre las parcelas debido a que en algunas partes de las mismas se quedó una mínima superficie sin trabajar. La eficiencia de la labor fue en promedio del 80.4% con una mínima variabilidad del 4% entre las parcelas, por lo que la eficiencia se encuentra en un rango aceptable.

Resultados de la labor del arado de rejas.

De acuerdo a los datos de la tabla 4.3 podemos decir que aunque el promedio de patinaje de las tres parcelas fue de 13.16% con una variabilidad del 35%, este rango se encuentra dentro de lo aceptable, debido a que el patinaje de la parcela 1 fue mayor con respecto a la parcela 2 y 3 (tabla 12 en anexos).

En el aspecto de gasto de combustible, aunque existe una variabilidad entre las parcelas, también está en un rango aceptable de gasto por superficie, tomando como referencia la investigación de Gaytán (2003) en la que reporta un gasto de combustible 20 Lt/ha con arado de discos usando un tractor de 70 hp.

En lo que se refiere a la capacidad teórica de campo existe una pequeña diferencia como se puede ver en el coeficiente de variación, lo anterior debido a que hubo diferencia mínima en la velocidad de trabajo; y en lo que respecta a la capacidad efectiva de campo existió una variabilidad del 9%, debido a que los tiempos en el que se realizaron las labores en las parcelas fueron distintos para cada una.

Tabla 4.3. Desempeño de la configuración tractor-arado de rejas.

Parámetros	Media de los datos	Desviación estándar.	Coeficiente de variación en
Ancho de trabajo (m)	0.55	0	0%
Profundidad de trabajo (cm)	14.95	0.228	2%
Velocidad (km/hr)	2.303	0.075	3%
% patinaje de las ruedas	13.163	4.560	35%
Combustible (Lt/hr)	2.376	0.390	16%
Capacidad teórica de campo (ha/hr)	0.124	0.005	5%
Capacidad efectiva de campo (ha/hr)	0.099	0.008	9%
Combustible (Lt/ha)	19.296	3.419	18%

En lo que respecta al índice de disturbación energética hay una variabilidad del 19% entre las tres parcelas como se puede ver en la tabla 4.4, esto debido a que la variación fue del 18% en el gasto de combustible por superficie trabajada como se vio en la tabla 4.3 afectando directamente a este resultado. En cuanto a la eficiencia de labor podemos concluir que el arado tiene un buen desempeño en las labores de aradura debido a que en las tres parcelas las eficiencias se encontraron en el rango aceptable, aunque hayan tenido una variación del 11% entre las mismas.

Con respecto a la densidad aparente ésta disminuyó después del paso del arado con respecto a la densidad que se tenía antes de iniciar las labores, dejando el suelo en condiciones apropiadas para la retención de humedad en caso de lluvia.

Tabla 4.4. Variables calculadas con base a la configuración tractor-arado de rejas.

Variables	Media de los datos	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
Índice de disturbación	12.926	2.504	19%

energética (ml/m ³)			
Densidad aparente después de la labor (Ton/m ³)	0.933	0.111	12%
Eficiencia de labor (%)	80.266	8.863	11%

De acuerdo a los datos de la tabla 4.5 podemos decir que existió una mínima variabilidad en el gasto de combustible por superficie en las tres parcelas, se encontró un rango apropiado de gasto de combustible con este implemento, comparado con los datos reportados por Gaytán (2003) con la rastra de discos. En lo que respecta a la capacidad teórica de campo, no existe deferencia significativa, ya que el ancho de trabajo fue el mismo para las tres parcelas y la velocidad con la que se trabajó fue muy parecida en todas las pruebas. Para el caso de la capacidad efectiva en campo existe una variabilidad entre las tres parcelas esto debido a que quedó una pequeña superficie sin ser trabajada.

Tabla 4.5. Desempeño de la configuración tractor-rotocultivador.

Parámetros	Media de los datos	Desviación estándar.	Coefficiente de variación
Ancho de trabajo (m)	1	0	0
Profundidad de trabajo	11.733	0.750	6%

(cm)			
Velocidad (km/hr)	2.946	0.064	2%
Gasto de combustible (Lt/hr)	3.416	0.072	2%
Capacidad teórica de campo (ha/hr)	0.294	0.006	2%
Capacidad efectiva de campo (ha/hr)	0.25	0.025	10%
Gasto de combustible (Lt/ha)	11.756	0.272	2%

En la tabla 4.6 podemos decir que de acuerdo al tamaño promedio de agregados, las condiciones de la cama de siembra después del paso del rotocultivador son óptimas para la germinación de las semillas como maíz y frijol, además de no existió variabilidad en las tres parcelas. En lo que respecta al índice de disturbación energética se detectó una variabilidad del 13% debido a que existió una mínima diferencia en las profundidades de trabajo y en el consumo de combustible (Tabla 14 en anexos).

Tabla 4.6. Variables calculadas con base al desempeño de la configuración tractor-rotocultivador.

Variables	Media de	Desviación	Coeficiente
-----------	----------	------------	-------------

	los datos	estándar.	de variación
Tamaño promedio de agregados (mm)	5.314	0.0167	0%
Índice de disturbación energética (ml/m ³)	8.99	1.194	13%
Densidad aparente después de la labor (Ton/m ³)	0.86	0.138	16%
Eficiencia de labor (%)	88.266	5.122	6%

Con respecto a la densidad aparente volvió, a disminuir después del paso del rotocultivador dejando condiciones apropiadas para la retención de humedad al presentarse una precipitación pluvial; además de estar en los rangos óptimos de la eficiencia de las labores con un promedio del 88% en las tres parcelas.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al analizar los datos obtenidos en la evaluación del tractor y sus implementos bajo las mismas condiciones tecnológicas, climáticas y edáficas mencionadas en ésta investigación, se puede concluir de acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación que la maquinaria utilizada es una alternativa adecuada para la preparación de los suelos agrícolas.

De acuerdo a los objetivos planteados se obtuvieron buenos resultados. En relación a la calidad de la labor el índice de rugosidad en el arado de rejas y rotocultivador fue mayor a 2 lo que indica una buena condición para retención e infiltración del agua. En cuanto al tamaño de agregados para la cama de siembra el diámetro medio fue de 5 mm tamaño adecuado en cultivos como maíz y frijol.

La eficiencia de los implementos en las labores realizadas está dentro del rango de valores medidos con implementos y tractores de mayor tamaño, ya que el radio de giro del tractor nos permite eficientar el trabajo y obtener una buena calidad de las labores con un menor tiempo.

De acuerdo con la hipótesis planteada se concluye que esta tecnología es una opción para los pequeños productores, ya que las propiedades que el tractor y sus implementos poseen y desempeñan en las labores pueden satisfacer las necesidades que ellos demandan.

En el aspecto de recomendaciones que se pueden efectuar en esta investigación para el mejoramiento del tractor son principalmente para el fabricante, siendo estas las que continuación se mencionan.

Al mover la palanca principal de mando del hidráulico no se tiene un control del mismo por lo que no se puede trabajar a una profundidad uniforme lo que dificulta las labores, por lo que considero que este mecanismo debería tener un control que regulase el manejo del hidráulico, esto con la finalidad de tener una mayor calidad y eficiencia en las labores a realizar.

Otro punto importante a tomar en cuenta es que en la desvaradora las plantas que la llanta pisa en algunos casos no son cortadas o simplemente quedan dobladas lo que lleva a tener plantas sin cortar en la parcela trabajada, por lo que considero que se debe cambiar el ancho de trabajo del implemento o en caso contrario modificar el ancho entre las llantas para que este aspecto no perjudique en las labores del implemento.

Una consideración importante a tomar en cuenta es que esta tecnología se evalué en otras condiciones con la finalidad de darle más sustento a los resultados aquí mencionados.

VI. LITERATURA CITADA

Cadena Zapata M. 1990. Criterios de selección para método y equipo de labranza. Memoria del curso de capacitación sobre el cultivo de maíz. Veracruz, Veracruz, México, pp. 89.

Cadena Zapata M., Campos M. S., Narro F. E., Gaytán M. T. 2002. Determinación del estado de humedad para una mínima aplicación de energía en laboreo con tracción motriz. Terra 21.

Cadena Zapata M., Campos M. S., Narro F. E., Gaytán M. T. 2003. Predicción del tiempo oportuno para planear y operar sistemas de labranza. Terra 21.

Campos Magaña S. G., Jácome M. S., Cruz J. A., Hinojosa M., Cadena Z. M. 2004. Implementos integrales en tractores categoría II basado en el diseño octagonal extendido. En: memorias del XIV Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola. Saltillo, Coahuila, México. pp. 50–59.

Crossley P., Kilgour J. 1983. Small farm mechanization for developing countries. Chichester. John Wiley.

Department of Agricultural Engineering, University of Missouri. Fuel requirement estimates for selected field operations. (Documento Web). S/F.

<http://www.todaystractors.com//articles/art1.html>

(Consultada el 8 de Marzo de 2005).

Domínguez R. F. 2001. Evaluación del desempeño y resultados tecnológicos del vibrocultivador modelo NH700 en labranza de suelos de zonas semiáridas. Tesis de licenciatura. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

e–campo. “Consejos de Fierro para mejorar el rendimiento de su tractor”. (Documento Web). S/F.

<http://www.e-campo.com/sections/news/display.php/uuid.437F14DF-BDBI-44E3-98D208BA08D86FA3/>

(Consultada el 11 de octubre de 2004).

FAO. Boletín de servicios agrícolas numero 84. La ingeniería agrícola en el desarrollo: la selección de insumos de mecanización. Roma 1991.

Gaytan M. T. Caracterización del desempeño de cuatro implementos de labranza en términos de consumo de energía y calidad de trabajo. Tesis de maestría. UAAAN. Buenavista, saltillo, Coahuila, México.

Hunt D. 1983. Maquinaria agrícola. Rendimiento económico, costos, operaciones, potencia y selección de equipo. Editorial limusa. D.F, México, pp. 9, 337.

INEGI. 2003. Anuario estadístico del estado de Coahuila. INEGI. Aguascalientes, Ags, México. pp. 18, 44, 339-350.

Jácome Maldonado S. M. 1990. Selección técnica y económica de maquinaria agrícola. Memoria del curso de capacitación sobre el cultivo de maíz. Veracruz, Veracruz, México. pp. 105.

John Deere. “Pérdidas por rodadura y patinaje”. (Documento Web). S/F.

http://www.deere.com.ar/es_AR/ag/homepage/consejo/cs021_TractorDT.html

(Consultada el 10 de octubre de 2004).

Koerther R. G., Bashford L. L., Lane D. E. Tractor Instrumentation for Measuring Fuel and Energy Requirements. Transactions of ASAE-1997.

Liljedahl J. B., Carleton W. M., Turquist P. K., Smith D. W. 1984. Tractores y sus unidades de potencia. Editorial Limusa. México, DF.

Manuales de procedimientos de evaluación de RNAM (Economic and Social Commission for Asia and the Pacific Regional Network for Agricultural Machinery) **y los manuales de procedimientos de prueba y evaluación del CENEMA** (Centro Nacional de estandarización de Maquinaria Agrícola) en México.

Márquez Delgado L. 1999. “El ensayo de los tractores agrícolas según los códigos de la OCDE”. (Documento Web). S/F.

<http://www.siam.info.ve/revista/1999/nemero2/articulo4.htm>

(Consultada el 12 de octubre de 2004).

Márquez Delgado 1990. “introducción y antecedentes”. (Documento Web). S/F.

http://www.unlu.edu.ar/~maqagro/CADIR_96.pdf

(Consultada el 11 de octubre de 2004).

Narro Farias J. 1994. Física de suelos con enfoque agrícola. Editorial Trillas. D.F, México.

Norma Cubana, 1987. Máquinas e implementos agrícolas. Máquinas agropecuarias y forestales. Evaluación energética. Municipio de Habana Vieja.

Norma Mexicana para Arados. 2002. Manual de prueba y evaluación de arados. CENEMA. Texcoco, Estado de México.

Ortiz Cañavate J. 1995. Las máquinas agrícolas y su aplicación. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 28.

Ortiz Cañavate J., Hernanz J. L. 1989. Técnica de la mecanización agraria. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 40.

Pérez Alonso. J. C. 2003. Evaluación del desempeño y resultados tecnológicos del multiarado en dos tipos de suelo de zonas semiáridas. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Portal. "Neumáticos y tracción". (Documento Web). S/F.

http://portal.dt.gob.cl/documentacion/1612/articles-59848_recurso_1.doc

(Consultada el 4 de octubre de 2004).

Smith D. W., Sims B. G. 1990. Procedimiento para la evaluación de implementos para labranza primaria. Evaluación técnica de equipos para pequeños productores. Manual teórico-práctico. Programa de cooperación técnica México-Gran Bretaña.

United States Departament of Agriculture. The National Soil Dynamics Laboratory. (Documento Web). S/F.

<http://www.asme.org/history/brochures/h146.pdf>

(Consultada el 4 de febrero de 2005).

ANEXOS

Tabla No. 1. Diámetro planta, altura de planta y altura de corte.

Implemento (Desvaradora)	Ubicación del experimento		
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Diámetro (cm)	3.69	3.67	3.42
Altura de planta (cm)	47	46.58	28.85
Altura de corte (cm)	12.08	8.13	5.82

Tabla No. 2. Ancho de trabajo (m).

Tipo de implemento	Ubicación del experimento		
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Desvaradora	.98	.99	.99
Arado de rejas	.71	.72	.79
Rotocultivador	1	1	1

Tabla No. 3. Profundidad de trabajo (cm).

Tipo de implemento	Ubicación del experimento		
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Desvaradora	—	—	—
Arado de rejas	15.04	14.69	15.12
Rotocultivador	11.7	12.5	11

Tabla No. 4. Velocidad de trabajo (Km/hr).

Tipo de implemento	Ubicación del experimento		
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Desvaradora	1.51	1.59	1.53
Arado de rejas	2.39	2.27	2.25
Rotocultivador	2.90	3.02	2.92

Tabla No. 5. Patinaje de las ruedas (%).

Tipo de implemento	Ubicación del experimento		
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Desvaradora	1.79	0.52	0.75
Arado de rejas	17.95	12.67	8.87
Rotocultivador	—	—	—

Tabla No. 6. Consumo de combustible (Lt/hr).

Tipo de implemento	Ubicación del experimento		
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Desvaradora	1.42	1.56	1.35
Arado de rejas	2.35	2.78	2.0
Rotocultivador	3.38	3.50	3.37

Tabla No. 7. Contenido de humedad de la parcela No. 1

Parcela	Profundidad (cm)	% de Humedad
1	0 – 5	17.95
1	5 – 10	16.31
1	10 – 15	11.9
1	15 – 20	7.73
1	20 – 25	8.38

Tabla No. 8. Contenido de humedad de la parcela No. 2

Parcela	Profundidad	% de Humedad
2	0 – 5	19.19
2	5 – 10	15.59
2	10 – 15	8.75
2	15 – 20	7.54
2	20 – 25	7.86

Tabla No. 9. Contenido de humedad de la parcela No. 3

Parcela	Profundidad	% de Humedad
1	0 – 5	19.75

1	5 – 10	17.11
1	10 – 15	10.66
1	15 – 20	8.81
1	20 – 25	8.51

Tabla No. 10. Densidad aparente antes de las labores (gr/cm³).

DENSIDAD APARENTE (gr/cm³)			
Profundidad	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
0-5	1.129	1.275	1.168
5-10	1.131	1.218	1.176
10-15	1.153	1.179	1.196
15-20	1.295	1.297	1.206
20-25	1.359	1.466	1.195

Tabla No. 11. Desempeño de la configuración tractor-desvaradora.

Parámetros	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Diámetro de tallo (mm)	3.69	3.67	3.42
Altura de planta (cm)	47	46.58	28.85
Altura de corte (cm)	12.08	8.13	5.85
Eficiencia de corte (%)	85	88	91
% de cob. vegetal	77.05	71.03	45.87
Ancho de trabajo (m)	.98	.99	.99
Velocidad (km/hr)	1.5	1.5	1.5
Combustible (Lt/hr)	1.42	1.56	1.35
Capacidad teórica de campo (ha/hr)	0.148	0.148	0.148
Capacidad efectiva (ha/hr)	0.114	0.131	0.121
Consumo de combustible por área (Lt/ha)	12.4	11.94	11.17
Eficiencia de labor (%)	77.5	83.5	80.2

Tabla No. 12. Desempeño de la configuración tractor-arado de rejas.

Parámetros	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Ancho de trabajo (m)	.55	0.55	0.55
Profundidad de trabajo (cm)	15.04	14.69	15.12
Velocidad (km/hr)	2.39	2.27	2.25
% patinaje de las ruedas	17.95	12.67	8.87
Combustible (Lt/hr)	2.35	2.78	2
Capacidad teórica de campo (ha/hr)	0.131	0.12	0.123
Capacidad efectiva de campo (ha/hr)	0.094	0.095	0.11
Combustible (Lt/ha)	18.07	23.16	16.66

Tabla No. 13. Variables calculadas con base a la configuración tractor-arado de rejas.

Variables	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Índice de disturbación energética (ml/m ³)	12.01	15.76	11.01
Densidad aparente después de la labor (Ton/m ³)	.89	1.06	.85
Eficiencia de labor (%)	71.7	79.7	89.4

Tabla No. 14. Desempeño de la configuración tractor-rotocultivador.

Parámetros	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Ancho de trabajo (m)	1	1	1
Profundidad de trabajo (cm)	11.7	12.5	11
Velocidad (km/hr)	2.90	3.02	2.92
Gasto de combustible (Lt/hr)	3.38	3.50	3.37
Capacidad teórica de campo (ha/hr)	0.29	0.302	0.292
Capacidad efectiva de campo (ha/hr)	0.25	0.225	0.275

Gasto de combustible (Lt/ha)	12.07	11.58	11.62
------------------------------	-------	-------	-------

Tabla No 15. Variables calculadas con base al desempeño de la configuración tractor-rotocultivador.

Variables	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Tamaño promedio de agregados (mm)	5.324	5.324	5.295
Índice de disturbación energética (ml/m ³)	10.02	9.27	7.68
Densidad aparente después de la labor (Ton/m ³)	.77	1.02	.79
Eficiencia de labor (%)	86.2	84.5	94.1

**Tabla No. 16. Factores que intervienen en el cálculo del índice de
disturbación energética de la parcela No.1**

Complemento	Área	Profundidad	Vol. Suelo trabajado	Cap. Teo. Campo	Gasto de comb.	Cons. de Comb. Superf.	Ind. D
Arado	10000	.1504	1504	0.16	2.35	14.68	
Rotocultivador	10000	.117	1170	0.28	3.38	12.07	

**Tabla No.17. Factores que intervienen en el cálculo del índice de
disturbación energética de la parcela No.2**

Complemento	Área	Profundidad	Vol. Suelo trabajado	Cap. Teo. Campo	Gasto de comb.	Cons. de Comb. Superf.	Ind. D
Arado	10000	.1469	1469	0.16	2.78	17.37	
Rotocultivador	10000	.125	1250	0.30	3.50	11.58	

**Tabla No. 18. Factores que intervienen en el cálculo del índice de
disturbación energética de la parcela No.3**

Complemento	Área	Profundidad	Vol. Suelo trabajado	Cap. Teo. Campo	Gasto de comb.	Cons. de Comb. Superf.	Ind. D
Arado	10000	.1512	1512	0.17	2	11.76	
Rotocultivador	10000	.11	1100	0.29	3.37	11.62	