

RENÉ FÉLIX DOMÍNGUEZ LÓPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para  
obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN  
INGENIERÍA DE SISTEMAS AGRÍCOLAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2005

TESIS

POR:

RENÈ FÉLIX DOMÍNGUEZ LÓPEZ

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como  
requisito parcial para optar al grado

MAESTRO EN CIENCIAS EN  
INGENIERÍA DE SISTEMAS AGRÍCOLAS

COMITE PARTICULAR

Asesor Principal:

\_\_\_\_\_

Dr. Martín Cadena Zapata

Asesor:

\_\_\_\_\_

M.C. Tomas Gaytán Muñiz

Asesor:

\_\_\_\_\_

M.C. Héctor Uriel Serna Fernández

Asesor:

\_\_\_\_\_

M.C. Luis Miguel Lasso Mendoza

\_\_\_\_\_

Dr. Jerónimo Landeros Flores  
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Junio de 2005.

Evaluación de sistemas de labranza para la conservación de humedad y  
energía en zonas semiáridas

Por  
RENÉ FÉLIX DOMÍNGUEZ LÓPEZ

MAESTRIA EN CIENCIAS  
INGENIERÍA DE SISTEMAS AGRÍCOLAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
Buenavista, Saltillo, Coahuila, Junio 2005.

Dr. Martín Cadena Zapata. – Asesor –

Palabras Clave: tasas de cobertura, Consumo de energía, sistemas de  
labranza.

El propósito principal de la presente investigación fue evaluar sistemas de labranza tradicional y sistemas de labranza de conservación (labranza vertical), para realizar la evaluación se midieron cambios en la densidad aparente, índice energético, índice de rugosidad y seguimiento a la humedad en parcelas establecidas con sorgo forrajero en la temporada de secano, y evaluar la producción de materia seca en cada parcela experimental en ton

labranza vertical multiarado a 15 cm de profundidad (LVM<sub>1</sub>), multiarado a 23 cm en un estrato de suelo (LVM<sub>2</sub>), multiarado a 30 cm en un perfil de suelo (LVM<sub>3</sub>) y siembra directa (SD), y “B” fueron las parcelas chicas fueron tasas de cobertura (0%, 40%, 70% y 100% respectivamente) con dos repeticiones, para el seguimiento a la humedad. En relación al tamaño de agregados para el análisis de datos se utilizó bloques la azahar, con siete tratamientos, con tres repeticiones para cuantificar el tamaño de agregados.

La labranza vertical con la (LVM<sub>1</sub>, LVM<sub>2</sub>, LVM<sub>3</sub>) y LTAR obtuvo mayores cambios en la densidad aparente. Con respecto al tamaño los de agregados la LVM<sub>1</sub>, LVM<sub>2</sub>, LVM<sub>3</sub> los deja más grandes en comparación con la LVV, LTR, LTAR y SD. En lo que respecta al índice energético la labranza vertical ahorra energía en comparación con el sistema tradicional. En el seguimiento de humedad se observó que en un perfil de cero a quince cm, conservó más humedad LTR y LVM<sub>3</sub> en comparación con los otros tratamientos, y en un estrato de suelo de quince a veinticinco cm, la humedad se comportó igual. Para la producción de materia seca en ton ha<sup>-1</sup>. La LVM<sub>3</sub> fue mayor en comparación con los demás tratamientos alcanzando una producción de 9.94 ton ha<sup>-1</sup>, seguidos SD y LVM<sub>2</sub> con una producción promedio de 7.85 ton ha<sup>-1</sup>, por último LVM<sub>1</sub>, LVV, LTAR y LTR con una producción promedio de 5.6 ton ha<sup>-1</sup>. También se observó que la mejor relación entre el porcentaje de humedad

## ABSTRACT

Assesment of tillage systems for energy and moisture conservation in semiarid environments.

By

RENÉ FELÍX DOMÍNGUEZ LÒPEZ

MASTER IN SCIENCE

IN AGRICULTURAL SYSTEMS ENGINEERING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Buenvista, Saltillo, Coahuila, Junio 2005.

Dr. Martín Cadena Zapata. – Advisor –

Key words: humidity conservation, mulch rates, tillage systems

The main purpose of this research was to evaluate systems of conventional tillage and systems (vertical tillage), for moisture conservation in a semiarid condition. Data on bulk density, index of applied energy, roughness

seven tillage types (vertical tillage with the vibrocultivator (LVV), conventional tillage with the disc harrow (LTR), conventional tillage of disc plough + harrow, multiplough vertical tillage at a 15 cm depth (LVM1), multiplough at 23 cm in a soil layer (LVM2), multiplough at 30 cm in a soil profile (LVM3), and direct sowing (SD). The small plots three rates of soil cover (0%, 40%, 70% and 100%) and a treatment of bare soil as reference.

the vertical tillage (LVM<sub>1</sub>, LVM<sub>2</sub>, LVM<sub>3</sub>) and LTAR obtained better changes in the bulk density; in regard to the size of aggregates, (LVM<sub>1</sub>, LVM<sub>2</sub>, LVM<sub>3</sub>) leaves them bigger in comparison with the LVV, LTR, LTAR and SD. In relation to the energy index, the vertical tillage saves energy in comparison with the traditional system; In the monitoring of the humidity, it was observed that from 0-15 cm, in a soil profile, LTR and LVM3 conserved more humidity in comparison with the other treatments, and from 15-25 cm, in a soil layer, humidity behaved the same. For the production of dry matter in ton for ha<sup>-1</sup>. LVM3 was greater in comparison with the other treatments, reaching a production of 9.94 ton ha<sup>-1</sup>, afterwards SD and LVM2 with an average production of 7.85 ton ha<sup>-1</sup>, finally LVM1, LVV, LTAR and LTR with an average production of 5.6 ton ha<sup>-1</sup>. Also it was observed that in the relationship between the percentage of humidity, fuel and yield the SD was better.

“A ti señor Santiago Apóstol, a quien humildemente agradezco de todo corazón por haberme apoyado en todo, a quien dedico este pequeño trabajo ya que mi señor se merece eso y mas, gracias Santiago apóstol.

A la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, por haberme cobijado en su seno y dado la oportunidad de superarme.

A mis asesores: principalmente al Dr. Martín Cadena Zapata, por haberme apoyado en todo, al M.C. Tomas Gaytán Muñiz, M.C Héctor Uriel Serna Fernández y al M.C. Luis Miguel Lasso Mendoza y a la lic. Guadalupe Lucia Barrera Valdez por su apoyo en el laboratorio.

A mis maestros del programa de Ingeniería de Sistemas Agrícolas

A mis compañeros del programa de Ingeniería en Sistemas Agrícolas

Con amor y respeto, me legaron de principios, de rectitud y conducta para ser un hombre de bien.

A mis hermanos con cariño y gratitud:

Edvina, Hugo, Gabriel, Teresa, Virginia, Santos, Fredy Domínguez López a quienes amo y respeto.

A mis sobrinos:

A quienes quiero y respeto, gracias por su cariño.

Sra. Yolanda Cortés, por ayudarme en todo gracias.

MC. Luisa Yolanda Ortega Mariscal

A mi novia, a quien amo y respeto.

A mis compañeros, Jorge González, Honorio Neri, Erik Ahumada, Damián Torrez, Miguel A. Machuca y Julio C. Rivas.

**“Fui buitre, soy buitre y seguiré siendo buitre”**

Objetivos e hipótesis	7
Objetivos	7
Hipótesis	7
REVISIÓN DE LITERATURA	8
Utilización de coberturas para la conservación de humedad y suelo	8
Consumo de energía por la configuración tractor implemento	12
Investigaciones realizadas al norte de México sobre evaluaciones de sistemas agrícolas	15
Métodos para estimar la producción de materia seca en kg hectarea	18
Protocolos para la evaluación de implementos de labranza	19
MATERIALES Y MÉTODOS	32
Caracterización del sitio de estudio antes de las labores	32
Calculo de la energía requerida por cada una de las labores	34
Caracterización de la labranza en base al tamaño de agregados	36
Aplicación de mantillo a diferentes tasas de cobertura	37
Seguimiento al contenido de humedad en un perfil del suelo	38
Procedimientos para estimar el rendimiento de materia seca en toneladas por hectárea	39
Diseño experimental	40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
Localización y caracterización del sitio experimental	41
Caracterización del sitio experimental	42
Calidad de trabajo y consumo de energía en la operación de los implementos	44
Determinación del tamaño de agregados	47
Seguimiento de la retención de humedad con las diferentes coberturas	48
Análisis de rendimiento de materia seca en ton ha <sup>-1</sup>	51
Relación entre el porcentaje de humedad y consumo de Combustible y rendimiento.	53
CONCLUSIONES	54
LITERATURA CITADA	56
APÉNDICE A	60
APÉNDICE B	64

2.1	Desempeño del tractor en el laboratorio bajo diferentes porcentajes de carga	14
4.1	Caracterización del sitio experimental	43
4.2	Calidad de trabajo y gasto de energía en la operación de los implementos	44
4.3	Análisis estadístico del tamaño de agregados	47
4.4	Comparación de medias del factor A tipo de labranza	48
4.5	Comparación de medias del factor B coberturas	50
4.6	Comparación de medias del factor A en rendimiento	51
4.7	Comparación de medias del factor B coberturas	52
4.8	Relación entre el porcentaje de humedad y consumo de combustible	53

### INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Paginas
4.1	Ubicación geográfica del área de estudio	41
4.2	Comportamiento de la Da antes de la labor	44

de la energía y la conservación de los recursos del suelo y agua, principalmente donde es escasa, lo anterior ha traído un cambio en actitudes con respecto a las prácticas de manejo de suelo y los residuos. Cada año se da más énfasis al uso de las labranzas mínimas y a la preparación de la cama de siembra en la agricultura de secano. Los agricultores alteran tales propiedades físicas de los suelos, con el uso de labranzas mínimas o secundarias en un intento por crear condiciones óptimas para la siembra, la germinación, el desarrollo y el rendimiento del cultivo (FAO<sup>b</sup>, 2003).

La labranza puede favorecer o disminuir el riesgo de degradación por erosión, con una alta proporción de agregados estables al agua y buena permeabilidad, la perturbación mecánica de los suelos para el establecimiento de cultivos es probable que incremente el riesgo de la erosión. Por otra parte, cuando la superficie del suelo es suave, sin rugosidad, con capas inferiores compactas, estructura masiva y no porosa, la labranza mecánica es probable que disminuya el riesgo de la erosión del suelo (Hoogmoed, 1999)

Esto demuestra, que la pérdida de suelo por erosión es solo una parte del problema. La pérdida de agua, que no llega a infiltrar suficientemente en los suelos agrícolas a largo plazo puede causar problemas aún más graves.

Como consecuencia de esto tenemos que cambiar drásticamente nuestra forma de laborar el suelo. La erosión y la pérdida de agua no se combaten con medidas de control mecánico, sino se combate con una estructura viva y estable del suelo. Solo esto permite, que el agua de la lluvia no comience a correr en la superficie, sino infiltre lo más completo posible. (Hoogmoed, 1999).

La producción de cultivos es uno de los procesos para absorber y conservar energía solar y que esta sea usada como material orgánico para alimento, combustible y material para construcción. En las zonas semiáridas y subhúmedas la energía solar esta disponible en cantidades adecuadas, aunque las producciones de cultivos reales sean inferiores que las producciones que máximo podrían ser obtenidas bajos los niveles de radiación solar (debido a las deficiencias de agua, nutrientes, temperaturas optimas, competición de malezas, parásitos, y un mal manejo etc.) (Hoogmoed, 1999).

El balance energético agrícola es un tema complejo y esta fuera del alcance de esta tesis, pero ciertos datos se presentan aquí para indicar la posición de la labranza del suelo dentro del balance energético.

En muchos países industrializados, la energía para la producción agrícola por lo general representa menos de 5 por ciento del consumo de energía total (nacional). Esta es principalmente energía comercial (combustibles fósiles).

En países en vías de desarrollo, donde la agricultura forma generalmente una parte importante de las actividades económicas, la utilización de la energía comercial puede ser tan baja de 10% del consumo total, el resto proviene de la leña o de los residuos del cultivo. El trabajo humano y del animal forma una parte importante de la entrada de energía para la producción agrícola (Hoogmoed, 1999).

La parte de inversión de los balances de energía para los sistemas de agricultura aplicados en los países desarrollados consiste principalmente en el combustible, fertilizantes, la irrigación, maquinaria, transporte, y los procesos de secado al labrar. En esos sistemas usan métodos convencionales de labranza, la labranza de riego es aproximadamente del 5% y hasta el 15% para los sistemas de secano (todos los factores expresados en unidades de energía). Fertilizantes, riego y mecanización son los mayores consumidores de energía. (Hoogmoed, 1999).

Por otra parte, la entrada de energía en la agricultura de subsistencia o minifundistas en países en vías de desarrollo principalmente se asocia con el trabajo humano y animal y solo en pequeñas proporciones es consumida en fertilizantes, maquinaria, combustibles y agroquímicos.

La salida absoluta (en términos de energía en la producción agrícola) del sistema de alto uso es mucho mayor que el área, pero la aplicación baja es generalmente inferior que para los sistemas (Hoogmoed, 1999).

Pimentel y Heichel (1991). siguiendo ejemplos pasados sobre la producción de maíz en México y Estados Unidos de Norteamérica: para los sistemas de tumba rosa quemada en la agricultura para producción de maíz con labor humana únicamente: la aplicación es baja 12.9, en las mismas condiciones pero usando animales de tiro: la razón de la salida es de 6.3, para la producción de maíz mecanizada: la razón de la salida es de 3.3. en los sistemas de labor humana, para la información de la labor es de 92% de el total de la entrada  $2.7 \text{ GJ ha}^{-1}$ . En la de tiro animal y labor humana es 12% y la de tiro animal es de 83% de el total de entrada de  $3.2 \text{ GJ ha}^{-1}$ . En los sistemas mecanizados la entrada de la labor esta en orden de 0.1% para la maquinaria que gasta energía de 25%, semillas y fertilizantes 43%, pesticidas 7%, del total de la entrada es de  $19 \text{ GJ ha}^{-1}$ . Sobre figuras no se considera la energía solar. Fue observado el sistema de labor humana seria sostenible para una persona con 10 ha (el barbecho es necesario), para sistemas de tracción animal con 4 ha (usando fijadores de nitrógeno y abono verde). El sistema mecanizado no es sostenible, pero los resultados de

producción que sea por lo menos 3 veces mas arriba que el que se produce bajo otros sistemas (Hoogmoed, 1999).

En los sistemas que ahorran energía se usan arados de cinceles que requieren menos tracción; generalmente un tractor capaz de tirar un arado de vertederas de 6 cuerpos, y 40 cm de ancho puede también tirar un cultivador de cobertura de rastrojo de 3.30 m o mayor, a una velocidad igual o un poco mas rápido, de esta manera se puede trabajar mayor terreno en el mismo periodo de tiempo (Buckingham, 1976).

No se dejan surcos ciegos ni contra surcos y la inversión de dinero en las maquinas es de mas o menos la misma. La profundidad de trabajo del cultivador en otoño puede ser de hasta 25 o 30 cm. para la roturar el fondo compacto del surco o suelo endurecido, o para aumentar la capacidad de la retención de humedad del suelo en invierno (Buckingham, 1984).

### **Antecedentes y descripción del problema.**

Para el territorio mexicano, las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas ocupan el 53.94% del país ( Conaza, 2002), la precipitación media

anual es de 300 a 400 mm ( INEGI, 2002), caracterizándose estas por su cubierta vegetal menor al 70 %, predominando las especies xerófitas (Estrada –Berg et al 1999), donde viven aproximadamente 8.5 millones de personas en comunidades rurales, (Conaza, 2002). La agricultura de las regiones comprendidas dentro de las zonas áridas y semiáridas son: Coahuila, Chihuahua, Durango, Hidalgo, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas representan, 2.7 millones de hectáreas de temporal, mientras que las de riego 1.3 millones de hectáreas (Estrada –Berg et al 1999).

El principal problema en las zonas áridas y semiáridas es la escasa disponibilidad de agua, y su pérdida por evaporación debido a los altos niveles de labranza empleados en los sistemas tradicionales de producción agrícola.

El cultivo de temporal que mas área ocupa en la región del Distrito de Desarrollo Rural en Saltillo es el maíz con una superficie sembrada de 37,186 ha, de las cuales solamente se cosechan el 55% debido a la baja o nula disponibilidad de humedad (INEGI, 1998).

Otro problema asociado es la baja rentabilidad de la producción agrícola con los sistemas tradicionales de zonas áridas y semiáridas donde los costos de labranza representan hasta el 40% de los costos ( Cadena, 2001). Con índices de consumo de energía hasta de 2600 mega-joules por hectárea y con un volumen de disturbación superiores a las 4200 toneladas.

Estos dos problemas están asociados con un desconocimiento de la calidad de la estructura necesaria para el buen desarrollo de las plantas con una pérdida mínima de humedad producto del tamaño y volumen de agregados así como el porcentaje de cobertura.

Las investigaciones con diferentes niveles de labranza realizadas en el país se han limitado a evaluar la respuesta de cultivos con diferentes implementos, como lo son arado, rastra, cinceles, discos cortadores de residuos y / o la combinación de estos midiendo algunos parámetros como el tamaño de estructura final, demanda de combustible, demanda de potencia, etc. realizando recomendaciones de niveles de labranza en términos del número de paso de implemento y el porcentaje de residuo necesarios para la conservación de humedad.

### **Objetivos e Hipótesis**

Objetivos:

1. Determinar la calidad de trabajo de implementos utilizados en sistemas de conservación así como el gasto de energía para cada sistema.
2. Determinar la retención de humedad para cada sistema con un cultivo durante la estación de lluvias.

Hipótesis:

Comparados con el sistema de labranza convencional, los sistemas de labranza de conservación, donde se utilice el vibrocultivador o el multirado tiene una mejor relación de energía aplicada-calidad de labor y retención de humedad por lo tanto un mejor establecimiento del cultivo y bajo costo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### Caracterización del sitio de estudio antes de la labores

Se determinaron las características del sitio experimental como se sigue: para la textura del suelo se utilizo el método de bouyoucos con una sola repetición, en un estrato del suelo de 30 cm. La materia orgánica del suelo antes de ser laborado se utilizo el método de Walkley y Blackm, este paso esta descrito en el manual de practicas de física de suelo. El pH del suelo se obtuvo utilizando el método del potenciómetro.

Para la determinación de elementos mayores del suelo agrícola se utilizaron varios métodos que son los siguientes:

Para la determinación de fósforo, se utilizo el método Olsen, para el potasio el método de absorción atómica y para el nitrógeno el método Kjeldahl. Todos estos con una sola repetición, y en un estrato de suelo a 30 cm.

En relación a la humedad del suelo antes de ser laborado el suelo se utilizo el método gravimétrico cuya formula es la siguiente:

$$P_w = \left[ \frac{PSH - PSS}{PSS} \right] * 100$$

Donde:

Pw = Contenido de humedad (%)

PSH = Peso de suelo húmedo (g)

PSS = Peso de suelo seco (g)

Para determinar la densidad aparente de suelo antes de ser laborado se utilizo el método de extractor de núcleos en un estrato de suelo de 30 cm. con una sola repetición, cuya formula es la siguiente:

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

Donde:

Da = Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)

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

V = Volumen del cilindro (cm<sup>3</sup>)

En relación a la medición del microrelieve se tomaron datos antes y después de las labores, estas lecturas fueron hechas en cada parcela experimental con el fin de obtener datos para determinar de densidad aparente después de la labor, así como la medición del índice de rugosidad antes y después de la labor mediante la desviación estándar de todos los datos calculados en cada parcela experimental.

### **Calculo de la energía requerida por cada una de las labores**

Para hacer el cálculo de la energía consumida, se tienen que determinar las siguientes variables.

#### **Ancho de trabajo**

Ancho de trabajo; se tomo como referencia una estaca en una orilla de cada unidad experimental, se midió el ancho de trabajo de cada uno de los pasos sucesivos con el implemento.

#### **Profundidad de trabajo**

Profundidad de trabajo; se midió la distancia vertical, desde la superficie al fondo de la labor.

#### **Velocidad de trabajo**

Velocidad de operación; se midió el tiempo para desplazarse 20 m en la parte media de la unidad experimental.

#### **Patinaje de las ruedas**

Patinaje; se midió la distancia recorrida de 10 revoluciones de las ruedas traseras, tanto con el implemento levantado como trabajando. El patinaje se calculó con la siguiente formula:

$$PP = \frac{A - B}{A} \times 100$$

Donde:

PP = Por ciento de patinaje.

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

B = Distancia recorrida por la rueda con el  
Implemento trabajando (m)

Consumo de combustible

Para determinar el consumo de combustible, se utilizo una probeta graduada en mililitros, que se conecto en forma directa en la línea de combustible (sistema de inyección), se toma el tiempo de inicio y termino de la labor, también se verifico que la probeta estuviera llena y se tomaba la lectura al final de cada labor. Para hacer el calculo consumido por unidad de superficie trabajada. Aquí se describen brevemente, pero hay

literatura donde se pueden observar detalladamente estos datos, en el documento de Gaytán (2003). También se revisó literatura donde se encontró la ecuación para determinar el consumo de combustible, en la tesis de Pérez (2003) los cálculos se presentan en los apéndices.

### **Caracterización de la labranza en base al tamaño de agregados**

#### Tamaño de agregados

El grado de fragmentación de los terrones fue medido y considerando el tamaño medio de los agregados, esta prueba se realizó después del paso del implemento, se tomaron tres repeticiones por cada parcela experimental, el área de muestreo fue de 30 x 30 cm. hasta la profundidad que penetra el implemento, posteriormente se llevaron a laboratorio, se dejaron secar y se utilizaron tamices para determinar el tamaño de agregados.

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

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

Donde:

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

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

$N =$  media de los diámetros de los agregados de suelos retenidos en el tamiz de apertura mas grande en mm.

$$D = \frac{1((1)A + (2)B + (3)C + (4)D + (5)E + (6)F + (7)G + (8)H + NI)}{W}$$

Donde:

$D =$  Diámetro promedio de los agregados (mm).

$W =$  Masa total de la muestra (kg).

$N =$  Media de los diámetros de los agregados de suelos retenidos en el tamiz de apertura mas grande, mm.

A..... I, donde indican el peso de los agregados.

1.....8, donde indican la apertura del tamiz

### **Aplicación de mantillo a diferentes tasas de cobertura**

Para determinar el porcentaje de mantillo fue el siguiente:

Se utilizo el medidor de cobertura vegetal el cual esta diseñado de un marco metálico de cuya dimensión es la siguiente: tiene  $1\text{m}^2$  de área total, la cual esta dividida de  $10\text{ cm}^2$  en su área, teniendo 100 cuadros que significan el 100%, cada cuadro significa el 1 %, se utilizo rastrojo de sorgo libre de humedad, para cubrir los siguientes porcentajes, 0, 40 ,70, 100% respectivamente, para calcular los porcentajes se coloco el medidor de cobertura vegetal.

### **Seguimiento del contenido de humedad en un perfil del suelo**

Para dar seguimiento al contenido de humedad fue realizado durante todo el ciclo vegetativo del cultivo, el seguimiento consistió en sacar suelo a tres profundidades que fueron de cero a cinco cm. de cinco a quince cm. y de quince a veinticinco cm. por cada parcela pequeña con sus diferentes porcentajes de mantillo y con dos repeticiones teniendo cuidado de cellar el recipiente donde se deposito el suelo húmedo. El seguimiento a la humedad fue realizado dos veces por semana hasta concluir el ciclo del cultivo. En el seguimiento de la humedad fue hecha por el método gravimétrico, cuando se tomaban las muestras se llevaba al laboratorio y se pesaba el recipiente con la muestra de suelo húmedo posteriormente se colocaba en la estufa a 110° c con una duración de 24 horas, pasando el tiempo requerido se sacaban las muestras y se dejaban enfriar y posteriormente se pesaban, teniendo los datos de suelo húmedo y seco se les quitaba el peso del recipiente para poder calcular el porcentaje de humedad, y su formula se describe al principio de este capítulo.

### **Procedimiento para estimar el rendimiento en toneladas de materia seca por hectárea**

Se utilizó en método destructivo

Con el objetivo de estimar el rendimiento en ton de materia seca por hectárea en cada parcela experimental y con sus respectivos porcentajes. Se siguió de la siguiente manera:

Primeramente se procedió a contar las plantas en un metro lineal en cada tratamiento, se hicieron tres repeticiones por cada parcela chica. Posteriormente se escogieron dos plantas al azar por cada porcentaje de cobertura, se arrancaron y se identificaron cuidando que no se maltratara la planta, se hicieron dos repeticiones por cada tratamiento. Una vez concluido, se trasladaron las plantas al laboratorio de física de suelos para proceder a su análisis de las plantas.

En laboratorio se procedió a quitar las hojas de las plantas, las hojas se colocaron en una bolsa de papel y se identificó, posteriormente se quitó la espiga de la planta, se colocó en una bolsa de papel y se identificó, una vez concluido, se procedió a separar los nudos del tallo y se colocó en la bolsa de papel y también se identificó, y así sucesivamente se hizo con todos los tratamientos, posteriormente se pesaron las bolsas con las hojas, tallos y

espigas. Terminado este paso se colocaron todas las muestras en la estufa de aire a 80<sup>0</sup>c hasta lograr el peso constante y se determina el peso total de la muestra o planta una vez obtenido su peso constante se sacaron las muestras y se pesó, posteriormente se quitó el peso de las bolsas y así se obtuvo el peso total de la planta.

Posteriormente se hacen los cálculos para determinar la materia seca en kilogramos por hectárea.

### **Diseño experimental**

El diseño experimental fue parcelas divididas donde la parcela grande fue siete niveles de calidad de agregado-volumen de disturbación (CA -VD) y la parcela chica será 4 niveles de cobertura. Los niveles de (CA – VD) serán:

1. (1) Vibrocultivador.
2. (2) Rastra.
3. (3) Arado + Rastra.
4. (4, 5,6) multiarado a 15, 23,30, de profundidad.
5. (7) siembra directa.

Los niveles de cobertura serán:

- a. 0%
- b. 40%
- c. 70%

d. 100%

El tamaño de la parcela fue de 8 x 10 metros.

También se utilizó un diseño experimental de bloques al azar.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### **La Utilización de las Coberturas para la Conservación de Humedad y Suelo**

Desde inicio del siglo se han realizado varios estudios para observar el efecto de la cobertura vegetal en la reducción de la escorrentía y de la erosión. Las primeras observaciones reconocieron el efecto de la cobertura vegetal en la prevención de la obstrucción de los poros del suelo y la consecuente disminución de la escorrentía superficial. Sin embargo, solamente al inicio de la década de 1940 fue realizada una evaluación cuantitativa del efecto de la cobertura del suelo. Borst y Woodburn (1942), en estudios realizados con un simulador de lluvia (Ohio, EE.UU.), determinaron que la intercepción del impacto de las gotas de lluvia con una cobertura de paja redujo la erosión en aproximadamente 95%.

Kohnke y Bertrand (1959). Admitieron que la cobertura de 60% o 75% de la superficie del suelo sería suficiente para protegerlo del impacto de la lluvia y, prácticamente, eliminar el transporte de suelo por salpicadura. Esta cobertura correspondería a aproximadamente cinco toneladas de paja por hectárea.

Mannering y Meyer (1963). Verificaron que 2,5 t/ha de paja de trigo fueron suficientes para ofrecer un 87% de cobertura del suelo y eliminar completamente la escorrentía y la erosión.

Meyer *et al.* (1970). Observaron que las condiciones físicas de los suelos (textura, permeabilidad) y la pendiente del terreno influyen de manera importante en la eficiencia de la cobertura del suelo:

4,48 t/ha de paja fueron suficientes para contener la erosión en un suelo de textura franca, con baja permeabilidad, no cultivado y con 15% de pendiente;

2,24 t/ha de paja fueron suficientes para un suelo franco-limoso, cultivado, moderadamente permeable, con 3% de pendiente; y

1,12 t/ha de paja fueron suficientes en un suelo franco-limoso, cultivado, muy permeable, con 5% de pendiente.

Lal *et al.* (1980). Concluyeron que los residuos de cultivos pueden prevenir la erosión y sustentar la producción en suelos de difícil manejo; además, la magnitud de estos efectos depende de la calidad de los residuos (cobertura), y de la mejoría de las condiciones físicas y químicas del suelo. Sin embargo, los autores remarcan que los resultados pueden diferir de regiones templadas a tropicales.

Gaobao (2003). Menciona que se establecieron seis tratamientos, y se observaron rendimientos mayores con la no labranza con mantillo de  $2.15 \text{ t ha}^{-1}$ , seguido por la labranza convencional sin mantillo de  $1.82 \text{ t ha}^{-1}$ , labranza convencional con mantillo de  $1.74 \text{ t ha}^{-1}$ , no labranza sin mantillo  $1.41 \text{ t ha}^{-1}$ ,

labranza convencional con plástico  $1.39 \text{ t ha}^{-1}$  y la no labranza con plástico con un rendimiento de  $1.26 \text{ t ha}^{-1}$ . También se observó que hubo una mayor conservación de humedad en la no labranza con mantillo en un estrato de suelo de cero a cinco centímetros.

Cruse, R.M. (2001). Menciona en un estudio para facilitar la adopción de la labranza en franjas para cultivos en hileras en el estado de Iowa, USA. se observó que casi el 40% de la tierra de cultivo se laboreó con prácticas que dejan menos del 30% de cobertura vegetal en el suelo con los sistemas de labranza convencional. También que consumen más energía, dañan la ecología y son costosos. Esta investigación tuvo como fin demostrar que la labranza en hileras disturba el suelo donde se va a sembrar, así como consume menos energía y ayuda a conservar el suelo y el agua.

Herrera, F. *et al* (2003). Se encontró que el rastrojo de arroz sobre el suelo en cantidades superiores a 5.6 toneladas de materia seca por hectárea, redujo drásticamente la presencia de malezas poaceas y dicotiledóneas debido principalmente a la reducción en la fluctuación de temperatura y el porcentaje de la luz fotosintéticamente activa y total que llegó hasta la superficie del suelo. Además mejoró la retención de humedad en el suelo. Los efectos favorables de estos factores se reflejan en una mayor producción de grano de frijol.

Bravo, C. y Florentino, A. (1997). Observándose que los sistemas de labranza produjeron cambios temporales sobre las propiedades físicas del

suelo (densidad aparente, porosidad, conductividad hidráulica saturada y resistencia mecánica); también hubo cambios drásticos en la capa superficial con labranza convencional y reflejando la baja estabilidad de estos suelos al impacto de las gotas de lluvia. En la labranza mínima con subsolado y residuos de *Crotalaria juncea* L. las plantas alcanzaron un desarrollo de raíces más uniforme y profundo como resultado del mantenimiento de unas de las mejores condiciones físicas. En relación al rendimiento de algodón en rama (kg/ha) la tendencia obtenida fue: Labranza de convencional fue mayor a todas que son las siguientes: labranza mínima con residuos, labranza mínima con subsolado con residuos, labranza mínima con barbecho natural, no registrándose diferencia significativas.

En México hay muchas áreas agrícolas donde existe poca disponibilidad de agua. Como se menciona anteriormente el mantillo impide una tasa de pérdida de humedad al mantener el suelo a una temperatura relativamente evitando la evaporación (Ventura et, al; 1993). Trabajando en el estado de Guanajuato, reporta que el rendimiento de sorgo se incremento en 12.3% bajo un sistema de labranza de conservación de humedad con residuos. En otros trabajos en maíz se logro un incremento de 24 % en promedio durante 4 años de un experimento donde se uso cobertura para tener mejor disponibilidad de humedad para el cultivo durante periodos de nula precipitación en el trópico de Veracruz (Uresti y Cadena, 1995). Existen evidencia de bondad del uso de residuo para la conservación de la humedad en el suelo como los ejemplos anteriores en zonas templadas y en zonas

tropicales, sin embargo la tasa de aplicación adecuada dependerá del tipo de residuo, estructura del suelo y desde luego las variedades climatológicas.

Cadena, *et al.* (2003). Menciona que las tasas de cobertura de 75% y 100% no tienen diferencia significativa en relación a la cantidad de humedad que el perfil del suelo puede almacenar bajo las mismas a lo largo de la estación de crecimiento y en algunos periodos ambas tasas de cobertura no tienen diferencia significativa con la de 50% de cobertura. Para las condiciones semiáridas del estado de Coahuila, una buena decisión para la conservación de humedad sería utilizar un sistema de labranza vertical y dejando entre el 50% y 75% de mantillo o cobertura vegetal sobre el terreno.

### **Consumo de energía por la configuración tractor-implemento**

Cadena, *et al* (2002). En una investigación realizada en Cotaxtla, Veracruz, se observó que los puntos de aplicación mínima de energía se encontraron cuando el potencial matricio del suelo franco estuvo entre -0.062 MPa (pF 2.8) y -0.246 MPa ( pF 3.4) para la aradura y -0.123 MPa ( pF 3.1) para el rastreo. Para suelos arcillosos, los puntos mencionados se encontraron cuando el potencial métrico estuvo entre -0.010 MPa (pF 2) y -0.196 (pF 3.3) para la aradura y -0.246 MPa para el rastreo.

Gaytán (2003). Encontró que en el desempeño tractor-implemento la rastra y el vibrocultivador tienen una mayor capacidad teórica, así como un menor consumo de combustible por área, así como un menor requerimiento de potencia, por lo que estadísticamente son diferente a los tratamientos de arado y multiarado.

Gil *et al* (2002). Menciona que los equipos agrícolas mostraron un requerimiento de fuerza de tiro que va desde los 0.3 kN para la operación de siembra, hasta los 0.6kN; la surcadora presento un requerimiento de 0.53 kN, realizando a una profundidad de 10 cm. al utilizar el animal con mayor uso de tracción en la zona, el asno, las operaciones fueron realizadas a velocidades entre los 3.19 km/h (surcadores) y los 4.51 km/h (siembra y abonado), llegando a desarrollar una potencia máxima, en la operación de aradura de 0.70 Kw.

La configuración de los tractores e implementos es un factor importante para el ahorro de energía en la preparación del suelo, para ahorrar energía se deben realizar una configuración del equipo de manera que la potencia requerida por la herramienta este cerca de la potencia nominal del tractor. Si el tractor se opera a un nivel de potencia nominal mientras que el motor opera a su velocidad nominal, la eficiencia se reduce y el consumo de combustible será mas alto de lo necesario, como se puede observar en el cuadro 2.1 (Hughes 1981).

Cuadro 2.1 desempeño del tractor en laboratorio bajo diferentes porcentajes de carga

Fracción de la carga	Velocidad del motor (rpm)	kW (cf)	Velocidad km/hr (mph)	Combustible lt/hr(gal/hr)	kW/hr (cf/gal)
100%	2100	116 (155.6)	9 (5.56)	43.8 (11.58)	2.65 (13.44)

75%	2100	94 (125.7)	9.3 (5.8)	37.6 (9.94)	2.5 (12.64)
50%	2100	63 (84.8)	9.6 (5.92)	29.9 (7.9)	2.1 (10.72)
50%	1420	63 (84.2)	9.5 (5.9)	23.2 (6.14)	2.7 (13.71)

La selección del implemento de labranza tiene un efecto directo sobre energía requerida por hectárea, esta depende y varía con las condiciones locales del suelo y clima. Los arados de vertedera disturbán más suelo que la mayoría de las demás herramientas de labranza, así que éstos por lo general requieren más combustible por hectárea. Los arados de cinceles, por ejemplo, los arados de cinceles requieren solamente un 30 por ciento al 40 por ciento del combustible por hectárea que los arados de vertedera, dependiendo de la profundidad y velocidad.

El tipo y las condiciones del suelo también tienen un efecto importante en la energía requerida para la labranza. El tiro para la aradura puede variar de 14 a 140 kPa (2 a 20 psi) de corte de surco en suelos arenosos a arcillosos, respectivamente. Las condiciones del suelo que afectan la energía requerida para labranza incluye; el contenido de humedad, tratamientos anteriores y siembra de protección del suelo. En una serie de pruebas, el tiro de arado fue reducido desde un 15 a un 35 por ciento cuando el contenido de humedad del suelo fue aumentado del 9.1 al 11.7 por ciento (Hughes 1981).

**Trabajos realizados al norte de México sobre evaluaciones de sistemas  
agrícolas**

En el norte de México se a investigado acerca de los perfiles de uso y eficiencia de energía que demandan los sistemas de producción de sorgo y maiz en el norte del estado de Tamaulipas. Se cuantifico la energía consumida por dichos sistemas y se determino la eficiencia con que se realizan las labores con maquinaria agrícola.

Basándose en la información reportada por las dependencias oficiales que tienen relación con el sector de producción rural y complementándola con un estudio detallado en campo se pudo determinar lo siguiente:

El principal problema detectado es el excesivo gasto de energía consumida por las labores para el establecimiento de los cultivos; el costo de la labranza representa aproximadamente e 65 % de los costos totales del sistema. La eficiencia del uso de maquinaria es baja en casi todas las operaciones. Otro problema detectado es que la conservación de humedad es muy ineficiente debido al sistema convencional de laboreo. Lo anterior es muy importante dado que la disponibilidad de agua para irrigación es decreciente y una gran parte de la superficie de cultivo antes bajo riego esta siendo trabajado bajo modalidad de temporal ( Báez, 2000)

En algunas regiones semiáridas de México se a evaluado implementos ( vibrocultivador comparado con el arado ) donde al realizar la evaluación de ambos implementos en las mismas condiciones edáficas, climáticas y tecnológicas se cuantifico que el vibrocultivador alcanzo mayor profundidad, mayor ancho de trabajo, menos consumo de combustible y ahorro de tiempo de trabajo. Comparado con la retención de humedad, se pronosticaba que

con el arado de disco se captaría y se conservaría mas humedad, porque se obtuvo un menor valor de densidad aparente después de la labor, sin embargo la diferencia en la retención y conservación de humedad no fue significativa ( Domínguez , 2001). Sin embargo, observándose en cuanto a los niveles de energía utilizados por el vibrocultivador muestran que el implemento presenta índices de disturbación menores de 55% y 21% para el arado y el multiarado respectivamente. Resultando el vibrocultivador un implemento altamente eficiente en cuanto al consumo de energía comparado con otros implementos (arado y multiarado); en relación a la retención de humedad después de la labor de cinceleo con el vibrocultivador los datos mostrados no muestran diferencia significativa entre los tratamiento con cobertura del 75% y 100%, lo cual indica que para la captación de humedad en un ambiente semiárido el mínimo de cobertura a utilizar seria del 75 % ( Maza, 2003).

En las regiones semiáridas de México, se requieren sistemas alternativos de acondicionamiento del suelo que capten y conserven la poca precipitación pluvial. En una investigación realizada del multiarado como implemento de un sistema alternativo de labranza en dos tipos de suelos, realizando una comparación técnica con la referencia del barbecho convencional del arado de discos; en dos sitios diferentes de las zonas semiáridas del estado de Coahuila. Al realizar la evaluación de ambos implementos en las mismas condiciones en cada sitio se obtuvieron resultados que muestran claramente que el uso del multiarado es mejor que el arado de discos, ya que con este implemento se puede preparar la misma cantidad de superficie en la mitad de tiempo que tardaría el arado en

realizarlo, con un consumo de combustible por superficie menor en 40 % y a una profundidad de trabajo similar que el arado de discos la cual oscila entre 16 cm. Todo lo anterior hace que el multiarado sea superior en el resultado del índice de disturbación energética con el 43 %, el cual relaciona el consumo de combustible con el volumen del suelo con menor cantidad de combustible que para el arado de discos. El factor determinante para un mejor desempeño del multiarado es el mayor ancho de trabajo, que fue de 130% mayor que el arado de discos. En el aspecto de calidad de preparación del suelo, el tamaño de agregados dejado por el multiarado es mayor en 33 mm, respecto de los dejados por el arado. En cuanto a la rugosidad del suelo después de la labor, esta es similar con ambos implementos (Pérez, 2003).

### **Métodos para estimar la producción de materia seca $\text{kg ha}^{-1}$**

#### Método destructivo

El método mas preciso de estimar el rendimiento de forrajes es cortar y pesar, además de ser una técnica destructiva, es costoso en términos de tiempo y trabajo. Se pueden utilizar marco ya sea cuadrado, circular o

rectangular. El tamaño ideal es de  $0.16 \text{ m}^2$ , una cantidad razonable para tomar muestras es de 15 a 20. La altura de corte debe de ser al ras del suelo, e inmediatamente después pesarlo.

Métodos no destructivos: Diversos métodos indirectos no destructivos de estimación de la disponibilidad forrajera han sido utilizados. Entre ellos podemos citar:

1. Estimación visual
2. altura

Una manera mas cuantitativa y objetiva de estimar la cantidad de pasto es midiendo la altura del mismo. Este es un método fácil, rápido y confiable.

La altura de la pastura puede ser medida de tres maneras distintas:

- I. colocando una regla vertical sobre el nivel del suelo, mirando horizontes a través de la pastura y luego evaluando su altura promedio.
  
- II. Midiendo la altura del macollo mas largo de un manojo de macollos del área a muestrear.
  
- III. Usando un pasturómetro, que mide la altura, en cierta forma comprimida, de la pastura.

[http://www.turipana.org.co/ensilaje\\_maquinaria.html](http://www.turipana.org.co/ensilaje_maquinaria.html)

**Protocolos para evaluación de implementos de labranza con arado de discos  
(normas)**

Actualmente existen en varios países normas o protocolos para la evaluación de implementos de labranza, que han sido elaborados por expertos involucrados en la mecanización para el campo de diferentes nacionalidades entre las que se encuentran la Gran Bretaña, en 1999 se comenzó a formular en México los protocolos de prueba de arado y rastras.

Dentro del programa de evaluación de arados de discos de la norma mexicana para el desarrollo de procedimientos para la evaluación de implemento de labranza, estos protocolos sirven para determinar la eficiencia en campo, capacidad efectiva, consumo de combustible, patinaje, entre otros aspectos, a continuación se describen las partes de la norma mexicana:

I. Propósito

Esta norma establece el método para realizar la prueba y evaluación de arados de discos que cuentan con mecanismos hidráulicos o manuales para invertir la dirección de trabajo.

Los arados trabajan sobre una gran variedad de terrenos, generalmente compactados por haber sido previamente cultivados que pueden presentar residuos de cosecha. Los arados se utilizan para la preparación de la cama de siembra de diversos cultivos entre los que destacan el maíz y el frijol.

II. Definiciones

### III. Metodología para la prueba y evaluación de arados

a. Ítem de evaluación

b. Estudio técnico de la estructura

c. Evaluación en campo

Condiciones de la parcela de prueba

Prueba de ajustes

Evaluación del funcionamiento

Fuente de potencia

d. Estudio de seguridad y maniobrabilidad

En laboratorio

Durante la operación en campo

e. Prueba continua

Condiciones de la prueba

Tiempos de la prueba

Procedimientos de la prueba

f. Estudio mediante la prueba

g. Condición de prueba y evaluación

h. Tractor

i. Operación y ajuste

j. Suspensión de la prueba

k. Diagrama de flujo de la prueba

### IV. método de prueba y estudio

a. estudio técnico de la estructura

Objetivo

Revisión de la información brindada por el solicitante

b. verificación técnica de la estructura

Datos de la maquinaria

Documentos entregados

Dimensiones

Masa del arado en dimensiones Kg.

Medición de piezas de desgaste rápido

Uniformidad de las piezas

Tipo de enganche

Puntos de lubricación

Diagramas descriptivos

Protección anticorrosivo y desgaste

c. métodos de medición, el estudio de la estructura

Dimensión del arado

Masa del arado

Medidas de piezas de rapido desgaste

Estudio de seguridad de la estructura

Variables del estudio

Método de medición

Método de medición de los discos

Dureza del material

Espesor de los discos

Diámetro de los discos mm

Concavidad de los discos mm

Masa del disco antes y después de la prueba, mg

Angulo de inclinación de los discos (grados)

Angulo de corte de los discos (grados)

Angulo de filo (antes y después de la prueba)

Ajustes al disco

d. método de medición del bastidor

Construcción, dimensiones y material

e. método de dimensión del timón

Construcción, dimensiones y material

f. especificaciones del tractor de prueba

Modelo

Tipo (tractor de ruedas o de orugas)

Tipo de motor del tractor

Numero de marcha y velocidad de operación.

## V. Evaluación en campo

a. Objetivo

b. Condiciones de la parcela de prueba

c. Área y forma de la parcela

d. Variables de estudio

Variables sujetas a observación y registro

Variables a medir

e. métodos de medición de la condición en campo

Tipo de suelo

Textura

Resistencia de corte (veleta de corte)

Resistencia a la penetración

Humedad del suelo

Densidad aparente

Densidad real

Porosidad

Relación de vacíos

Microrelieve

Estudio de la vegetación

f. condición del medio ambiente

g. ajuste previo a la evaluación de funcionamiento

h. evaluación del funcionamiento

i. Objetivo

j. Condición de la prueba

k. Procedimiento de la prueba

Parámetros a registrar antes de empezar el trabajo

Parámetros a medir durante la operación

Observaciones a efectuar durante la operación

Parámetros a medir al terminar el trabajo

l. Métodos de medición y observación

Condiciones de ajustes del equipo sujeto a prueba

Grafico del proyecto

Velocidad de operación

Patinaje de las ruedas traseras del tractor

Profundidad de trabajo

Ancho de trabajo por trayecto

Espacio necesario para estabilizar la profundidad de trabajo

Longitud real de trabajo

Ancho de viraje

Tiempos

Consumo de combustible

Homogeneidad de la superficie arada (microrelieve)

Enterramiento de la vegetación

Distribución y tamaño promedio del terrón

Incorporación al suelo

Ancho total de trabajo

Ancho de trabajo

Longitud total de aradura

Longitud real de aradura

Superficie de trabajo total

Superficie de trabajo real

Área seccional

Volumen del suelo arado

Rendimiento teórico

Rendimiento real de campo

Cantidad de trabajo en campo

Cantidad de trabajo en campo en sin ajustes

Eficiencia de trabajo en campo

Radio de giro

m. Prueba de potencia necesaria para tracción

Objetivo

Métodos de prueba

Consumo sujeto a prueba

Instrumentación

Repeticiones

VARIABLES A MEDIR

Condición de prueba

n. Estudio de seguridad y maniobrabilidad

Objetivo

Método de medición

VARIABLES A MEDIR Y ESTUDIAR

o. Pruebas de operación continua

Objetivo

Método

Instalación del equipo sujeto a prueba

Condiciones de prueba

VARIABLES A MEDIR Y OBSERVAR

Procedimientos de pruebas

p. Estudio mediante el desarme

Objetivos

VARIABLES A OBSERVAR Y REGISTRAR

Método de estudio

## Procedimiento para la Evaluación de Implementos de Labranza secundaria

Dentro del Programa de Cooperación técnica México – Gran Bretaña se desarrollo este procedimiento para la evaluación de implementos de labranza secundaria, y los aspectos principales que se incluyen en el mismo son (Smith y Sims, 1990):

### I. Propósito

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

### II. Definiciones y Procedimientos Generales

#### A) Arados

- Partes de la rastra de discos o arado de cincel (se presenta un esquema con sus respectivas partes)

#### B) Propiedades del suelo

- Textura
- Contenido de humedad
- Densidad en masa
- Diámetro medio de los agregados
- índice de cono
- Resistencia al corte

- Inversión del suelo
- 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 del ancho de trabajo, profundidad y nivelación
- Tipo de discos o rejas y su arreglo
- Material de las partes en contacto con el suelo
- 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 de campo en que se desarrolla la prueba de tractores o animales de tiro.

- Área y forma de la parcela de prueba
- Tipo y carácter del suelo
- Topografía
- Último cultivo de la parcela
- Altura del rastrojo del último cultivo
- Grado de infestación de malezas
- Contenido de humedad del suelo
- Densidad en masa
- Pruebas de penetrómetro a diferentes profundidades de suelo

- Índice de cono a la profundidad de la aradura
- Resistencia a la cizalla

Pruebas preliminares

Pruebas de rendimiento

- Ancho de trabajo
- Profundidad de roturación
- Área total cultivada
- Velocidad de trabajo
- Fuerza y ángulo de tiro o geometría
- Patinaje
- Tiempo empleado en dar vueltas y 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
  - Numero de discos por sección
  - Tipo de discos ( plano o dentado)
  - Diámetro del disco y concavidad
  - Material de la reja o disco
  - Grueso del disco
  - Grado de dureza
- 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)
- Destalles 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)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Localización y caracterización del sitio experimental

Se localiza en el campo experimental de Buenavista (bajío), de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, cuyas coordenadas geográficas son  $25^{\circ} 23'$  latitud norte y  $101^{\circ} 01'$  longitud oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 1743 m. en el Municipio de Saltillo Coahuila.

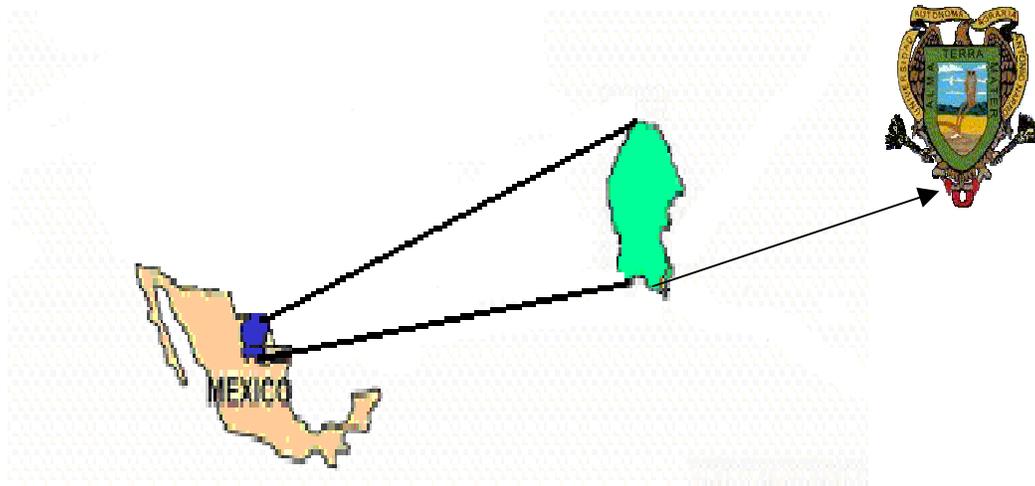


Figura 4.1 Ubicación geográfica del área de estudio.

Clima: De acuerdo a la clasificación climática de Koppen modificado por García (1973), el clima de Buenavista es “ Bsohw”, que significa muy árido, semicálido, con régimen de lluvias de verano e invierno seco y extremo.

SARH (1988) en la región de Saltillo, Coahuila, México. Señala una precipitación media anual que es de 200 a 400 mm, excepto una pequeña porción al oriente con valores de 400 a 600 mm al año que corresponde a la mayor precipitación anotada en la entidad.

La temperatura media anual es de 17.1<sup>0</sup>C con fluctuación en la media mensual de 11.6<sup>0</sup>C, como mínima y 21.7<sup>0</sup>C como máxima, la estación más lluviosa es en el verano, estableciéndose el temporal en Junio y terminando en Septiembre, el mes mas caluroso es regularmente Julio.

La evaporación media anual es de 1966 mm, con una media mensual de 178 mm, las más altas intensidades de evaporación ocurren en mayo y junio con 236 y 234 mm respectivamente (González, 1999).

#### **CARACTERIZACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL**

En la cuadro de 4.1 se muestran los datos de textura de suelo, M.O, humedad del suelo antes de trabajar, pH y los elementos mayores en el suelo (NPK), de los datos se observa que es un suelo Migajon arcilloso, y medianamente rico en materia orgánica (Narro, 1987), con un pH ligeramente alcalino, y con una humedad de 19.4% en el suelo al momento de realizar las labores.

Cuadro 4.1 Caracterización del sitio experimental

Estrato del suelo	% de Arena	% de Limo	% de arcilla	Textura del suelo	M.O del suelo	pH del suelo	N	P	K	Humedad del suelo antes de trabajar
0-30 cm.	40%	29.1 %	30.9 %	Migajon arcilloso	2.64 %	7.5	64.64 kg/ha	140 ppm	1250 ppm	19.4%

### Densidad aparente antes de realizar la labor

En la Fig. 4.2 Se muestran los datos obtenidos de la densidad aparente antes de realizar la labor, se puede observar que la densidad aparente comienza a incrementarse a una profundidad de 10 cm. hasta los 20 cm. Y posteriormente disminuye a partir de los 25 cm. Esto muestra que hay piso de arado debido a tráfico constante de maquinaria agrícola, así como el manejo del sistema de labranza de tradicional y al uso del terreno año tras año.

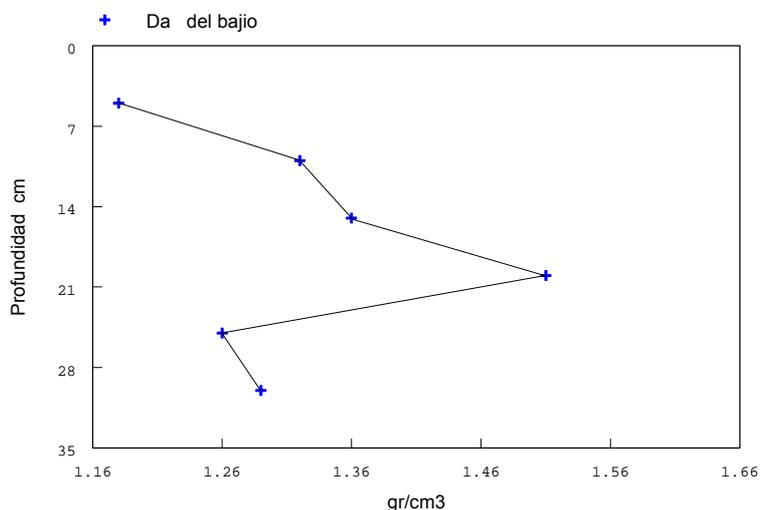


Figura 4.2 Comportamiento de la Da antes de la labor.

### Calidad de trabajo y gasto de energía en la operación de los implementos

Cuadro 4.2 Calidad de trabajo y consumo de energía en la operación de los implementos

Tratamiento	Humedad %	Da Des. de la labor gr cm. <sup>-3</sup>	Disminución de Da en %	Índice de rugosidad cm. (D.E)* Antes de la labor	Aumento Índice de rugosidad % después de la labor	Índice energético (ml m <sup>-3</sup> )
LVV	19.4	1.20	4	3.22	11	10.26
LTR	19.4	1.12	11	1.94	42	9.26
LTAR	19.4	1.08	22	2.32	43	16.87
LVM <sub>1</sub>	19.4	1.18	8	2.78	10	8.26
LVM <sub>2</sub>	19.4	1.23	7	1.38	126	12.60
LVM <sub>3</sub>	19.4	1.08	22	2.40	47	15.37
SD	19.4	1.20	4	2.37	3	7.30

\*Desviación estándar

LVV = labranza vertical con vibrocultivador

LTR = Labranza tradicional con rastra.

LTAR = labranza tradicional arado mas rastra

LVM<sub>1</sub>= Labranza vertical con multiarado a 15 cm de profundidad

LVM<sub>2</sub>= Labranza vertical con multiarado a 23 cm de profundidad

LVM<sub>3</sub> = Labranza vertical con multiarado a 30 cm de profundidad  
SD = siembra directa

De acuerdo con los datos mostrados en el cuadro 4.2, de calidad de trabajo y consumo energético, se puede analizar que, en el porcentaje de humedad para las siete parcelas experimentales de labranza, es relativamente igual, debido a que se presentó una precipitación pluvial antes de hacer las labores.

Uno de los objetivos más importantes en las labores agrícolas con implementos es crear un ambiente óptimo en relación a la porosidad del suelo, y un indicador en este parámetro es el cambio de la densidad aparente, en el cuadro 4.2 se observan los % de la  $D_a$ , y se puede decir que los valores más altos en relación a la  $D_a$  en % fueron en los tratamientos de la LTAR, LVM<sub>3</sub>, es importante mencionar que por cada implemento se logró una reducción en la densidad.

Con lo que respecta a la medición del microrrelieve en relación a la rugosidad en los tratamientos LTR y LVM<sub>2</sub> (1.94 y 1.38 cm respectivamente) estos datos nos muestran que el suelo no está en buenas condiciones para retener humedad después de presentarse un evento lluvioso ya que presenta una baja rugosidad, en cambio LVV, LTAR, LVM<sub>1</sub>, LVM<sub>3</sub> y SD, tienen una rugosidad significativa con una desviación estándar de (3.22, 2.32, 2.78, 2.40 y 2.37 cm) lo que impide el escurrimiento del agua y mejora la infiltración después de un evento lluvioso, y como se señala en un trabajo realizado por (Unger y Cassel 1991).

En relación al aumento índice de rugosidad en % después de la labor en los tratamientos, LTAR, LTR, LVM<sub>2</sub> y LVM<sub>3</sub>, se observó un incremento en el %, lo que significa que el suelo logrará una mayor retención de humedad, ya que el arado

fragmenta el suelo y a la vez lo voltea, mientras que el multiarado trabaja verticalmente fragmentando al suelo sin invertirlo pero con las aletas que tiene logra sacar agregados hacia la superficie. Con lo que respecta a los tratamientos LVV, LVM<sub>1</sub> y SD, el % en el índice de rugosidad fue menor ya que los implementos como la LVV ya que trabajo verticalmente y a muy poca profundidad y no volteo el suelo, en relación a la LTR ayudo a desmenuzar el suelo dejando agregados pequeños, con lo que respecta a la SD definitivamente no movió el suelo, entonces fue menor el cambio el índice de rugosidad.

En relación al índice energético se observa que el LTAR consumió mas energía por unidad de suelo movido, siguiendo el LVM<sub>3</sub>, esto tiene una relación con lo que encontró Buckingham (1984), a mayor profundidad mayor consumo de energía. Siguiendo la LVM<sub>2</sub>, LVV, en relación a los que consumieron menor energía fueron, LTR, LVM<sub>1</sub> y SD, esto se debe a que la profundidad fue poca y al ancho de trabajo de cada implemento.

### **Determinación del tamaño de agregados**

Para determinar si existe diferencia en el tamaño de agregados producidos por la diferencia de trabajo, se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 7 tratamientos, con tres repeticiones, obteniendo la siguiente información.

Cuadro 4.3 Análisis estadístico del tamaño de agregados

Tratamiento	Media
LVV	8.33 B
LVR	10.46 AB
LTAR	12.32 AB
LVM <sub>1</sub>	5.79 B
LVM <sub>2</sub>	18.84 A
LVM <sub>3</sub>	12.10 AB
SD	10.57 AB

Los valores con letras diferentes, indican que existe una diferencia significativa al 0.05 entre los tratamientos.

En relación a los datos obtenidos de agregados, se analiza la siguiente información donde estadísticamente LVM<sub>2</sub>, dejó agregados de mayor tamaño, mientras que la LTR, LTAR, LVM<sub>3</sub> y SD estadísticamente no hay diferencia significativa en relación al tamaño de agregados, por otro lado, la LVM<sub>1</sub> y LVV fueron los de menor tamaño estadísticamente.

**Seguimiento de la retención de humedad en diferentes coberturas (% de coberturas de sorgo)**

Para el análisis de las humedades se estableció un diseño estadístico de parcelas divididas de A x B, donde A fueron los tipos de labranza (parcelas grandes), y B son los porcentajes de cobertura (0%, 40%, 70% y 100%) (parcelas chicas) donde los datos obtenidos provienen de dos repeticiones, para el seguimiento pluvial fue de la fecha 24 julio del 2004 al 2 de octubre del mismo año, cuando se terminó el ciclo vegetativo del sorgo forrajero, donde tuvo una precipitación de 144mm. Durante estas fechas se tomaron en total 20 lecturas del seguimiento a la humedad, del total de las lecturas se obtuvo el promedio de cada una de las parcelas chicas, con sus respectivos porcentajes de cobertura.

Cuadro 4.4. Comparación de medias del factor “A” tipo de labranza.

Tratamiento	Profundidad de 0-5 cm. en un estrato de suelo	Profundidad de 5-15 cm. en un estrato de suelo	Profundidad de 15-25 cm. en un estrato de suelo
LVV	16.10 <b>B</b>	17.23 <b>C</b>	17.68 <b>A</b>
LTR	18.55 <b>A</b>	19.22 <b>A</b>	19.22 <b>A</b>
LTAR	17.12 <b>AB</b>	18.30 <b>ABC</b>	19.14 <b>A</b>
LVM <sub>1</sub>	16.66 <b>B</b>	17.67 <b>BC</b>	17.74 <b>A</b>
LVM <sub>2</sub>	17.44 <b>AB</b>	18.85 <b>AB</b>	18.73 <b>A</b>
LVM <sub>3</sub>	18.38 <b>A</b>	19.13 <b>A</b>	19.33 <b>A</b>
SD	16.47 <b>B</b>	16.91 <b>C</b>	17.07 <b>A</b>

Los valores con letras diferentes, indican que existe una diferencia significativa al 0.05 entre los tratamientos.

En la cuadro 4.4 nos muestran los resultados del seguimiento a la humedad en el ciclo de siembra del sorgo forrajero.

Con los resultados obtenidos en la comparación de medias del factor “A” (tipos de labranza) en un estrato de suelo de cero a cinco cm. Se puede afirmar estadísticamente en el tratamiento de la LTR, LVM<sub>3</sub>, LTAR y LVM<sub>2</sub> no tiene diferencia significativa en la retención de humedad y que son los mejores para retener humedad, esto es debido a que hubo cambios significativos en el índice de rugosidad y a que dejó los agregados de mayor tamaño, mientras que en el tratamiento de la LVM<sub>1</sub>, LVV y DS no existe diferencia significativa, esto es debido a que hubo un menor % en el índice de rugosidad.

Mientras que, en un perfil del suelo de cinco a quince cm. El seguimiento a la humedad se comportaba de la siguiente manera, la LVM<sub>3</sub> y LTR siguen siendo los mejores en alcanzar los mayores valores en la retención de la humedad descriptivamente. En ese mismo seguimiento, encontramos que la LVM<sub>2</sub>, LVM<sub>1</sub> y LTAR también no tienen cambios significativos esto se debe a que dejaron los agregados grandes. Mientras que la SD y LVM<sub>1</sub>, sigue obteniendo valores menores y que estadísticamente son los que menos retuvieron humedad, esto se le atribuye a que dejaron los agregados de menor tamaño.

En la mismo cuadro 4.4 tomando muestras de quince a veinticinco cm, en un estrato de suelo, la humedad se comportó estadísticamente igual, con los diferentes tipos de labranzas, esto se debe a que a esa profundidad ya no hay pérdidas de humedad, y por lo tanto, las capas superiores del suelo y el mantillo aplicado tienden a proteger el suelo para que no haya pérdidas de humedad.

Cuadro 4.5 Comparación del factor “B” coberturas

Tratamiento	Profundidad de 0-	Profundidad de 5-	Profundidad de
-------------	-------------------	-------------------	----------------

	5 cm. en un estrato de suelo	15 cm. en un estrato de suelo	15-25 cm. en un estrato de suelo
0 % de mantillo	12.44 <b>B</b>	16.29 <b>B</b>	16.99 <b>B</b>
40% de mantillo	16.62 <b>A</b>	18.60 <b>A</b>	18.71 <b>A</b>
70% de mantillo	16.64 <b>A</b>	18.81 <b>A</b>	18.94 <b>A</b>
100 % de mantillo	18.71 <b>A</b>	19.05 <b>A</b>	19.05 <b>A</b>

Los valores con letras diferentes, indican que existe una diferencia significativa al 0.05 entre los tratamientos.

Al analizar estadísticamente las diferentes tasas ( 0%,40%, 70% y 100%) de cobertura de mantillo, a las diferentes profundidades, en todo el ciclo vegetativo del sorgo forrajero, se puede reafirmar que al 40, 70 y 100% de cobertura vegetal no hay diferencia significativa estadísticamente, pero numéricamente si entre los porcentajes de cobertura, por lo tanto, se recomendaría hacer el análisis por cada fecha de seguimiento a la humedad. Por otro lado donde si hubo diferencia significativa fue el 0% de mantillo.

Para la producción de materia seca en ton ha<sup>-1</sup>, se utilizo el mismo diseño experimental de AXB. Donde la parcela grande “A” fueron los tipos de labranza y las parcelas chicas “B” fueron las coberturas con dos repeticiones.

Cuadro 4.6 Comparación de medias del factor “A”

Tratamiento	Media
6 (LVM <sub>3</sub> )	9.94 <b>A</b>
7 (SD )	7.87 <b>AB</b>

5 (LVM <sub>2</sub> )	7.84 <b>AB</b>
4 LVM <sub>1</sub> )	6.16 <b>B</b>
1 (LVV )	5.51 <b>B</b>
3 (LTAR )	5.46 <b>B</b>
2 (LTR)	5.40 <b>B</b>

Los valores con letras diferentes, indican que existe una diferencia significativa al 0.05 entre los tratamientos.

En el cuadro 4.6 se observan los valores estadísticos relacionados al rendimiento de materia seca en ton ha<sup>-1</sup>, se puede afirmar que, la parcela experimental la LVM<sub>3</sub>, obtuvo el mayor rendimiento de materia seca estadísticamente, mientras que, en la parcela experimental de SD, LVM<sub>2</sub>, no hay diferencia significativa entre estos dos valores, por otro lado, la LVM<sub>1</sub>,LTR, LVV y LTAR, obtuvieron los valores más bajos y no hay diferencia significativas estadísticas. Esto posiblemente se deba a que se hizo una capa dura en la superficie del suelo, y eso afecto a que no emergiera la planta hacia la superficie del suelo, al dar un riego pre-emergente.

A continuación se presenta el cuadro 4.7 se presenta la comparación de medias del factor B que son los porcentajes de cobertura.

Cuadro 4.7 Comparación de medias del factor “B”

Tratamiento	Media
3 (75% de cobertura)	8.29 A
4(100% de cobertura )	8.17 A
2 (40% de cobertura )	6.34 AB
1(0% de cobertura )	4.72 B

Los valores con letras diferentes, indican que existe una diferencia significativa al 0.05 entre los tratamientos.

En el cuadro 4.7 de comparación de medias del porcentaje de cobertura, se encontró que estadísticamente al 40%, 70% y 100% no hay diferencia significativa, lo que quiere decir es que hubo mas producción de materia seca por hectárea en esos porcentajes, mientras que, Con respecto al porcentaje del 0% de mantillo en suelo quedo totalmente descubierto y se evaporo la humedad. Y por lo tanto fue menor la producción de materia seca en ton ha<sup>-1</sup>.

### **Relación entre el porcentaje de humedad y consumo de combustible**

Cuadro 4.8 Relación entre el porcentaje de humedad y consumo de combustible y rendimiento.

Trata.	Í. E. (ml m <sup>-3</sup> )	Prof. 0-5 cm. % H.	Prof. 5-15 cm. % H.	Prof. 15-25 cm. % H.	relación entre humedad y consumo de combustible			Relación entre el consumo de combustible y rendimiento	
LVV	10.26	16.10	17.23	17.68	0.63	0.59	0.58	5.51 ton	1.86
LTR	9.26	18.55	19.22	19.22	0.49	0.48	0.48	5.40 ton	1.71
LTAR	16.87	17.12	18.30	19.14	0.98	0.92	0.88	5.46 ton	3.08
LVM <sub>1</sub>	8.26	16.66	17.67	17.74	0.49	0.46	0.46	6.16 ton	1.34
LVM <sub>2</sub>	12.60	17.44	18.85	18.73	0.72	0.66	0.67	7.84 ton	1.60
LVM <sub>3</sub>	15.37	18.38	19.13	19.33	0.83	0.80	0.79	9.87 ton	1.50
SD	7.30	16.47	16.91	17.07	0.44	0.43	0.42	7.87 ton	0.92

En el cuadro 4.8 se observan los valores de la relación de 1:1 entre el % de humedad y en consumo de combustible (ml m<sup>-3</sup>) y producción de materia seca en toneladas por hectárea, los sistemas de labranza vertical (LVV, SD, LVM<sub>1,2,3</sub>) tienen una mejor relación entre el porcentaje de humedad y el consumo de energía, pero a la vez esto también se demuestra que tienen una relación en la producción de materia seca en toneladas por hectárea en comparación con el sistema tradicional (LTA y LTAR), por lo tanto, la labranza vertical podría reemplazar al sistema tradicional, ya que presenta una alternativa para la preparación de los suelos en zonas semiáridas.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con los resultados obtenidos en campo en la realización de esta investigación y de acuerdo a los objetivos e hipótesis planteados se concluye lo siguiente:

En el tratamiento de la labranza vertical (LVV, SD y LVM<sub>1,2,3</sub>) mejoran las condiciones físicas del suelo como son, una reducción en la densidad aparente, fractura el suelo sin invertirlo, e incrementa en índice de rugosidad y ahorra consumo de energía, en comparación con los implementos utilizados en el sistema tradicional.

En relación con la captación de humedad en las parcelas experimentales se observó que los tratamientos se desempeñaron como se sigue: en un perfil del suelo de cero a cinco cm, la LTR, LVM<sub>3</sub>, LVM<sub>2</sub> y LTAR, cinco a quince cm de profundidad se observó que la LTR, LVM<sub>2</sub> y LVM<sub>3</sub>, fueron los mejores, por otro lado a una profundidad de quince a veinticinco cm. todas las parcelas no tuvieron diferencia significativa. Sin embargo se recomienda hacer análisis de por cada fecha de muestreo para observar las diferencias entre las humedades con sus respectivos porcentajes de cobertura.

En relación a la producción de materia seca en ton ha<sup>-1</sup>, en las parcelas experimentales se observó, que la LVM<sub>3</sub>, superó con el 82% de rendimiento de materia seca en ton ha<sup>-1</sup> en comparación con el sistema tradicional. Esto tiene una relación ya que también retuvo más humedad en comparación con las demás parcelas experimentales. Con lo que respecta a la parcela trabajada con la LVV no existe diferencia significativa con la parcela experimental trabajada con la LTR, relacionada a la producción de materia seca en ton ha<sup>-1</sup>. También se observó que la mejor relación entre el porcentaje de humedad conservada, combustible gastado y rendimiento de materia seca la siembra directa fue mejor.

Los implementos que realizan la labranza vertical presentan una alternativa para zonas semiáridas, ya que ahorran energía, mejoran algunas

propiedades físicas de los suelos, ayudan a conservar la humedad y por lo tanto se incrementa la producción.

**Evaluación de sistemas de labranza para la conservación de  
humedad y energía en zonas semiáridas**

**Assesement of tillage systems for energy and moisture conservation  
in semiarid enviroments**

**René Félix Domínguez López<sup>1</sup>, Martín Cadena Zapata<sup>2</sup>, Tomás Gaytán Muñiz<sup>2</sup>,  
Héctor Uriel Serna Fernández<sup>2</sup>, Luis Miguel Lasso Mendoza<sup>2</sup>**

**Resumen**

El propósito principal de la presente investigación fue evaluar sistemas de labranza tradicional y sistemas de labranza de conservación (labranza vertical), el objetivo fundamental fue de medir algunos parámetros como, cambios en la densidad aparente, índice energético, seguimiento a la humedad con sorgo forrajero en la temporada de secano, y evaluar la producción de forraje en cada parcela experimental en ton ha<sup>-1</sup>. El diseño

experimental fue parcelas divididas de A x B, donde "A" fueron las parcelas grandes tipos de labranza, labranza vertical con el vibrocultivador (L V V), labranza tradicional con la rastra (LTR), arado más rastra (LTAR), labranza vertical multiarado a 15 cm de profundidad (LVM<sub>1</sub>), multiarado a 23 cm en un estrato de suelo (LVM<sub>2</sub>), multiarado a 30 cm en un perfil de suelo (LVM<sub>3</sub>) y siembra directa (SD), y "B" fueron las parcelas chicas fueron tazas de cobertura ( 0%, 40%, 70% y 100% respectivamente) con dos repeticiones, para el seguimiento a la humedad, para el tamaño de agregados se utilizó bloques la azahar con siete tratamientos, con tres repeticiones.

La labranza vertical con el multiarado obtuvo mejores cambios en la densidad aparente, con respecto al tamaño los de agregados el multiarado los deja más grandes en comparación con el vibrocultivador, rastra y arado, en relación al índice energético la labranza vertical ahorra energía en comparación con el sistema tradicional, en el seguimiento de humedad se observó que de cero a quince cm, en un perfil de suelo conservó más humedad LTR y LVM<sub>3</sub> en comparación con los otros tratamientos, y de quince a veinticinco cm. en un estrato de suelo la humedad se comportó igual, para la producción de materia seca en  $\text{ton ha}^{-1}$ . LVM<sub>3</sub> fue mayor en comparación con los demás tratamientos alcanzando una producción de  $9.94 \text{ ton ha}^{-1}$ , posteriormente SD y LVM<sub>2</sub> con una producción promedio de  $7.85 \text{ ton ha}^{-1}$ , por último LVM<sub>1</sub>, LVV, LTAR y LTR con una producción promedio de  $5.6 \text{ ton ha}^{-1}$ .

Palabras claves: conservación de humedad, tasas de cobertura, sistemas de labranza

---

<sup>1</sup>Alumno de maestría en ingeniería de sistemas agrícolas

<sup>2</sup>División de ingeniería, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

### Abstract

The main purpose of this research was to evaluate systems of traditional tillage and systems of conservation cultivation (vertical tillage), the main objective was to measure some parameters like, changes in the apparent density, energy index, the monitoring of moisture content with forage sorghum in dry season, and to evaluate the forage production in each experimental parcel in ton ha<sup>-1</sup>. The experimental design were divided parcels from A x B, where "A" were the big type tillage parcels, vertical tillage with the vibrocultivator (LVV), traditional tillage with the disc harrow (LTAR), multiplough vertical tillage at a 15 cm depth (LVM1), multiplough at 23 cm in a soil layer (LVM2), multiplough at 30 cm in a soil profile (LVM3), and direct sowing (SD), and "B" were the small parcels with mulch rates of (0%, 40%, 70%, and 100% respectively) two blocks at random with two repetitions were used for monitoring humidity, for aggregates size, with three repetitions.

Multiplough vertical tillage obtained better changes in the apparent density; in regard to the size of aggregates, the multiplough leaves them bigger in

comparison with the vibrocultivator, the disc harrow and the disc plough; in relation to the energy index, the vertical tillage saves energy in comparison with the traditional system; in the monitoring of the humidity, it was observed that from zero to fifteen cm. in a soil profile, LTR and LVM3 conserved more humidity in comparison with the other treatments, and from fifteen to twenty-five cm. in a soil layer, humidity behaved the same for the production of dry matter in ton ha<sup>-1</sup>. LVM3 was greater in comparison with the other treatments, reaching a production of 9.94 ton ha<sup>-1</sup>, afterwards SD and LVM2 with an average production of 7.85 ton ha<sup>-1</sup>, finally LVM1, LVV, LTAR and LTR with an average production of 5.6 ton ha<sup>-1</sup>.

Key words: humidity conservation, mulch rates, tillage systems

### **Introducción**

En los últimos años se ha incrementado el interés por el uso eficiente de la energía y la conservación de los recursos del suelo y agua, principalmente donde es escasa, lo anterior ha traído un cambio en actitudes con respecto a las prácticas de manejo de suelo y los residuos. Cada año se da más énfasis al uso de las labranzas mínimas y a la preparación de la cama de siembra en la agricultura de secano. Los agricultores alteran tales propiedades físicas de los suelos, con el uso de labranzas mínimas o secundarias en un intento por crear condiciones óptimas para la siembra, la germinación, el desarrollo y el rendimiento del cultivo (FAO<sup>b</sup>, 2003).

Las necesidades de energía en la agricultura han crecido rápidamente en todo el mundo en las últimas décadas. Se necesita más energía, en general, y en determinadas épocas del año, en particular, por ello es necesario aplicar la mecanización agrícola, la cual no debe confundirse con tractorización, pues esta última es el empleo de tracción mecánica agrícola (Cruz, 1992). En los sistemas que ahorran energía se usan arados de cinceles que requieren menos tracción; generalmente un tractor capaz de tirar un arado de vertederas de 6 cuerpos, y 40 cm de ancho puede también tirar un cultivador de cobertura de rastrojo de 3.30 m o mayor, a una velocidad igual o un poco más rápido, de esta manera se puede trabajar mayor terreno en el mismo periodo de tiempo (Buckingham, 1976). No se dejan surcos ciegos ni contra surcos y la inversión de dinero en las máquinas es de más o menos la misma. La profundidad de trabajo del cultivador en otoño puede ser de hasta 25 o 30 cm, para la roturar del fondo compacto del surco o suelo endurecido, o para aumentar la capacidad de la retención de humedad del suelo en invierno (Buckingham, 1984).

La labranza puede favorecer o disminuir el riesgo de degradación por erosión, con una alta proporción de agregados estables al agua y buena permeabilidad, la perturbación mecánica de los suelos para el establecimiento de cultivos es probable que incremente el riesgo de la

erosión. Por otra parte cuando la superficie del suelo es suave, sin rugosidad, con capas inferiores compactas, estructura masiva y no porosa, la labranza mecánica es probable que disminuya el riesgo de la erosión del suelo (Hoogmoed,1999).

En algunas regiones semiáridas de Estados Unidos de Norteamérica, Australia, Brasil y países del mediterráneo se utilizan sistemas de labranza para la conservación de humedad con coberturas (Hoogmoed, 1999). Los principios podrían ser los mismos para operar el uso de estos sistemas en las áreas semiáridas de México, sin embargo, la información cuantitativa de residuos con tasas de aplicación y tamaño de los mismos debe ser generadas en condiciones locales.

Los objetivos de este trabajo fueron:

3. Determinar la calidad de trabajo de implementos utilizados en sistemas de conservación así como el gasto de energía para cada sistema.
4. Determinar la retención de humedad para cada sistema con un cultivo durante la estación de lluvias.

## **Materiales y métodos**

El experimento fue establecido en un terreno bajo agricultura de secano en terrenos (bajío) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, de Buenavista, Municipio, de Saltillo, Coahuila, ubicado a  $25^{\circ} 23'$  latitud norte y  $101^{\circ} 01'$  longitud oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 1743 m. el suelo utilizado fue de textura Migajon arcilloso con un contenido de 40% arena, 29.1% de limo y 30.9% de arcilla, el diseño experimental fue de parcelas divididas de A x B donde "A" fueron las parcelas grandes (tipos de labranza) y "B" fueron los porcentajes de cobertura (0%, 40%, 70%, y 100% respectivamente), la preparación del suelo se realizó con tracción motriz con 70 hp, y se utilizaron varios implementos, vibrocultivador, rastra, arado, multiarado a 15, 23 y 30 cm de profundidad y siembra directa.

Las unidades experimentales tuvieron dimensiones de 8 x 10 m y estas parcelas grandes fueron divididas en cuatro parcelas chicas para aplicar las tasas de cobertura de sorgo (0%, 40% 70% y 100%) para cada una se establecieron dos repeticiones para dar seguimiento a la humedad en temporada de secano y con un cultivo de sorgo forrajero, también se utilizó bloques al azahar para cuantificar el tamaño de agregados con tres repeticiones y para la producción de materia seca  $\text{ton ha}^{-1}$ , con dos repeticiones respectivamente.

Para el análisis del seguimiento de la humedad en temporada de secano fue en los meses de julio, agosto y septiembre, se obtuvieron muestras en un estrato de suelo 0 a 25 cm, en intervalos de cero a cinco, cinco a quince y

de quince a veinticinco cm, y dos veces por semana, y obteniendo los porcentajes de humedad por el método gravimétrico.

Para determinar las características del sitio experimental como se sigue: para la textura del suelo se utilizó el método de bouyoucos con una sola repetición, en un estrato del suelo de 30 cm.

Para determinar la humedad del suelo antes de que se realizara la labor, se utilizó el método gravimétrico cuya fórmula es la siguiente:

$$P_w = \left[ \frac{PSH - PSS}{PSS} \right] * 100$$

Donde:

$P_w$  = Contenido de humedad (%)

$PSH$  = Peso de suelo húmedo (g)

$PSS$  = Peso de suelo seco (g)

Para determinar la densidad aparente de suelo antes de ser laborado se utilizó el método de extractor de núcleos en un estrato de suelo de 30 cm. con una sola repetición, cuya fórmula es la siguiente:

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

Donde:

$D_a$  = Densidad aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$M$  = Peso de la muestra de suelo seca (g)

$V = \text{Volumen del cilindro (cm}^3\text{)}$

En relación a la medición del microrelieve se tomaron datos antes y después de las labores, estas lecturas fueron hechas en cada parcela experimental con el fin de obtener datos para determinar la densidad aparente después de la labor, así como la medición del índice de rugosidad antes y después de la labor mediante la desviación estándar de todos los datos calculados en cada parcela experimental. Para el consumo de combustible se utilizó la fórmula siguiente:

Fórmula encontrada por Pérez et al (2003). Relaciona el consumo de combustible - potencia a la TDF.

$$y = -72.8 + 21.96x - x^2$$

Donde:

Y = potencia del tractor a la toma de fuerza (Kw.)

X = Consumo de combustible (l/h)

Tamaño de agregados

El grado de fragmentación de los terrones fue medido y considerando el tamaño medio de los agregados, esta prueba se realizó después del paso de los implementos, se tomaron tres repeticiones por cada parcela experimental, el área de muestreo fue de 30 x 30 cm, hasta la profundidad

que penetró el implemento. Se dejaron secar y se utilizaron tamices para determinar el tamaño de agregados.

Para determinar el tamaño de los agregados se utilizó la siguiente ecuación:

$$D = \frac{1(A) + 2(B) + 3(C) + 4(D) + 5(E) + 6(F) + 7(G) + 8(H) + NI}{W}$$

Donde:

D = Diámetro promedio de los agregados (mm).

W = Masa total de la muestra (kg).

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

A..... I, donde indican el peso de los agregados.

1.....8, donde indican la apertura del tamiz.

Para determinar el porcentaje de mantillo fue el siguiente:

Se utilizó el medidor de cobertura vegetal el cual esta diseñado de un marco metálico de cuya dimensión es la siguiente: tiene 1m<sup>2</sup> de área total, la cual esta dividida de 10 cm<sup>2</sup> en su área, teniendo 100 cuadros que significan el 100%, cada cuadro significa el 1 %, se utilizó rastrojo de sorgo libre de humedad, para cubrir los siguientes porcentajes, 0, 40 ,70, 100%

respectivamente, posteriormente se pesa y se hace una regla de tres para sacar cuantas toneladas hay que aplicar al suelo.

Para dar seguimiento al contenido de humedad fue realizado durante todo el ciclo vegetativo del cultivo, el seguimiento consistió en sacar suelo a tres profundidades que fueron de cero a cinco cm, de cinco a quince cm y de quince a veinticinco cm por cada parcela pequeña con sus diferentes porcentajes de mantillo y con dos repeticiones. El seguimiento a la humedad fue realizado dos veces por semana hasta concluir el ciclo del cultivo. En el seguimiento de la humedad fue hecha por el método gravimétrico, cuando se tomaban muestras de humedad se llevaba al laboratorio y se pesaba el recipiente con la muestra de suelo húmedo posteriormente se colocaba en la estufa a  $110^{\circ}$  c con una duración de 24 horas, pasando el tiempo requerido se sacaban las muestras y se dejaban enfriar y posteriormente se pesaban, teniendo los datos de suelo húmedo y seco se les quitaba el peso del recipiente para poder calcular el porcentaje de humedad, y su fórmula se describe al principio de este apartado.

Para el estimar el rendimiento de materia seca en  $\text{ton ha}^{-1}$ , se utilizó el método destructivo. Primeramente se procedió a contar las plantas en un metro lineal en cada tratamiento, se hicieron tres repeticiones. Posteriormente se escogieron dos plantas al azar, se arrancaron y se identificaron cuidando que no se maltratara la planta, se hicieron dos

repeticiones por cada parcela pequeña. Una vez concluido, en laboratorio se procedió a quitar las hojas, espiga y la separación de los nudos del tallo, cada una de estas partes se colocó en bolsas de papel y se identificaron, posteriormente se pesaron las bolsas con las hojas, tallos y espigas. Terminado este paso se colocaron todas las muestras en la estufa de aire a 80<sup>0</sup>c hasta lograr el peso constante y se determina el peso total de la muestra o planta una vez obtenido su peso constante se sacaron las muestras y se peso, posteriormente se quito el peso de las bolsas y así se obtuvo el peso total de la planta. Posteriormente se hacen los cálculos para determinar la materia seca en ton ha<sup>-1</sup>.

## Resultados y discusión

### Calidad de trabajo y gasto de energía en la operación de los implementos

Tabla 4.1 Calidad de trabajo y consumo de energía en la operación de los implementos

Tratamiento	Humedad %	Da Des. de la labor cm. <sup>-3</sup>	Disminución de Da en %	Índice de rugosidad cm. (D.E)* Antes de la labor	Aumento Índice de rugosidad % después de la labor	Índice energético (ml m <sup>-3</sup> )
LVV	19.4	1.20	4	3.22	11	10.26
LTR	19.4	1.12	11	1.94	42	9.26
LTAR	19.4	1.08	22	2.32	43	16.87
LVM <sub>1</sub>	19.4	1.18	8	2.78	10	8.26
LVM <sub>2</sub>	19.4	1.23	7	1.38	126	12.60
LVM <sub>3</sub>	19.4	1.08	22	2.40	47	15.37
SD	19.4	1.20	4	2.37	3	7.30

\*Desviación estándar

LVV = labranza vertical con vibrocultivador

LTR = Labranza tradicional con rastra.

LTAR = labranza tradicional arado mas rastra

LVM<sub>1</sub>= Labranza vertical con multiarado a 15 cm de profundidad  
LVM<sub>2</sub>= Labranza vertical con multiarado a 23 cm de profundidad  
LVM<sub>3</sub>= Labranza vertical con multiarado a 30 cm de profundidad  
SD = siembra directa

De acuerdo con los datos mostrados en la tabla 4.1 de calidad de trabajo y consumo energético, se puede analizar que, en el porcentaje de humedad para las siete parcelas experimentales de labranza, es relativamente igual, debido a que se presentó una precipitación pluvial antes de hacer las labores.

Uno de los objetivos más importantes en las labores agrícolas con implementos es crear un ambiente óptimo en relación a la porosidad del suelo, y un indicador en este parámetro es el cambio de la densidad aparente, en la tabla 4.2 se observan los % de la Da, y se puede decir que los valores más altos en relación a la Da en % fueron en los tratamientos de la LTAR, LVM<sub>3</sub>, es importante mencionar que por cada implemento se logró una reducción en la densidad.

Con lo que respecta a la medición del microrrelieve en relación a la rugosidad en los tratamientos LTR y LVM<sub>2</sub> (1.94 y 1.38 cm respectivamente) estos datos nos muestran que el suelo no está en buenas condiciones para retener humedad después de presentarse un evento lluvioso ya que presenta una baja rugosidad, en cambio LVV, LTAR, LVM<sub>1</sub>, LVM<sub>3</sub> y SD, tienen una rugosidad significativa con una desviación estándar de (3.22, 2.32, 2.78, 2.40 y 2.37 cm) lo que impide el escurrimiento del agua y mejora la infiltración después de un evento lluvioso, y como se señala en un trabajo realizado por (Unger y Cassel 1991).

En relación al aumento índice de rugosidad en % después de la labor en los tratamientos, LTAR, LTR, LVM<sub>2</sub> y LVM<sub>3</sub>, se observó un incremento en el %, lo que significa que el suelo lograra una mayor retención de humedad, ya que el arado fragmenta el suelo y a la vez lo voltea, mientras que el multiarado trabaja verticalmente fragmentando al suelo sin invertirlo pero con las aletas que tiene logra sacar agregados hacia la superficie. Con lo que respecta a los tratamientos LVV, LVM<sub>1</sub> y SD, el % en el índice de rugosidad fue menor ya que los implementos como la LVV ya que trabajo verticalmente y a muy poca profundidad y no volteo el suelo, en relación a la LTR ayudo a desmenuzar el suelo dejando agregados pequeños, con lo que respecta a la SD definitivamente no movió el suelo, entonces fue menor el cambio el índice de rugosidad.

En relación al índice energético se observa que el LTAR consumió mas energía por unidad de suelo movido, siguiendo el LVM<sub>3</sub>, esto tiene una relación con lo que encontró Buckingham (1984), a mayor profundidad mayor consumo de energía. Siguiendo la LVM<sub>2</sub>, LVV, en relación a los que consumieron menor energía fueron, LTR, LVM<sub>1</sub> y SD, esto se debe a que la profundidad fue poca y al ancho de trabajo de cada implemento.

### **Determinación del tamaño de agregados**

Para determinar si existe diferencia en el tamaño de agregado producidos por la diferencia de trabajo, se utilizo un diseño experimental de

bloques al azahar con 7 tratamientos, con tres repeticiones, obteniendo la siguiente información.

Tabla 4.2 Análisis estadístico del tamaño de agregados

Tratamiento	Media
LVV	8.33 B
LVR	10.46 AB
LTAR	12.32 AB
LVM <sub>1</sub>	5.79 B
LVM <sub>2</sub>	18.84 A
LVM <sub>3</sub>	12.10 AB
SD	10.57 AB

Los valores con letras diferentes, indican que existe una diferencia significativa al 0.05 entre los tratamientos.

En relación a los datos obtenidos de agregados, se analiza la siguiente información donde estadísticamente LVM<sub>2</sub>, deajo agregados de mayor tamaño, mientras que la LTR, LTAR, LVM<sub>3</sub> y SD estadísticamente no hay diferencia significativa en relación al tamaño de agregados, por otro lado, la LVM<sub>1</sub> y LVV fueron los de menor tamaño estadísticamente.

#### **Seguimiento de la retención de humedad en diferentes coberturas (% de coberturas de sorgo)**

Para el análisis de las humedades se estableció un diseño estadístico de parcelas divididas de A x B, donde A fueron los tipos de labranza (parcelas grandes), y B son los porcentajes de cobertura (0%,

40%, 70% y 100%) (parcelas chicas) donde los datos obtenidos provienen de dos repeticiones, para el seguimiento pluvial fue de la fecha 24 julio del 2004 al 2 de octubre del mismo año, cuando se termino el ciclo vegetativo del sorgo forrajero, donde tuvo una precipitación de 144mm. Durante estas fechas se tomaron en total 20 lecturas del seguimiento a la humedad, del total de las lecturas se obtuvo el promedio de cada una de las parcelas chicas, con sus respectivos porcentajes de cobertura.

Tabla 4.3 Comparación de medias del factor "A" tipo de labranza.

Tratamiento	Profundidad de 0-5 cm. en un estrato de suelo	Profundidad de 5-15 cm. en un estrato de suelo	Profundidad de 15-25 cm. en un estrato de suelo
LVV	16.10 <b>B</b>	17.23 <b>C</b>	17.68 <b>A</b>
LTR	18.55 <b>A</b>	19.22 <b>A</b>	19.22 <b>A</b>
LTAR	17.12 <b>AB</b>	18.30 <b>ABC</b>	19.14 <b>A</b>
LVM <sub>1</sub>	16.66 <b>B</b>	17.67 <b>BC</b>	17.74 <b>A</b>
LVM <sub>2</sub>	17.44 <b>AB</b>	18.85 <b>AB</b>	18.73 <b>A</b>
LVM <sub>3</sub>	18.38 <b>A</b>	19.13 <b>A</b>	19.33 <b>A</b>
SD	16.47 <b>B</b>	16.91 <b>C</b>	17.07 <b>A</b>

Los valores con letras diferentes, indican que existe una diferencia significativa al 0.05 entre los tratamientos.

En la tabla 4.3 nos muestran los resultados del seguimiento a la humedad en el ciclo de siembra del sorgo forrajero.

Con los resultados obtenidos en la comparación de medias del factor "A" (tipos de labranza) en un estrato de suelo de cero a cinco cm. Se puede

afirmar estadísticamente en el tratamiento de la LTR, LVM<sub>3</sub>, LTAR y LVM<sub>2</sub> no tiene diferencia significativa en la retención de humedad y que son los mejores para retener humedad, esto es debido a que hubo cambios significativos en el índice de rugosidad y a que dejó los agregados de mayor tamaño, mientras que en el tratamiento de la LVM<sub>1</sub>, LVV y DS no existe diferencia significativa, esto es debido a que hubo un menor % en el índice de rugosidad.

Mientras que, en un perfil del suelo de cinco a quince cm. El seguimiento a la humedad se comportaba de la siguiente manera, la LVM<sub>3</sub> y LTR siguen siendo los mejores en alcanzar los mayores valores en la retención de la humedad descriptivamente. En ese mismo seguimiento, encontramos que la LVM<sub>2</sub>, LVM<sub>1</sub> y LTAR también no tienen cambios significativos esto se debe a que dejaron los agregados grandes. Mientras que la SD y LVM<sub>1</sub>, sigue obteniendo valores menores y que estadísticamente son los que menos retuvieron humedad, esto se le atribuye a que dejaron los agregados de menor tamaño.

En la misma tabla 4.3 tomando muestras de quince a veinticinco cm, en un estrato de suelo, la humedad se comportó estadísticamente igual, con los diferentes tipos de labranzas, esto se debe a que a esa profundidad ya no hay pérdidas de humedad, y por lo tanto, las capas superiores del suelo y el mantillo aplicado tienden a proteger el suelo para que no haya pérdidas de humedad.

Tabla 4.4 Comparación del factor "B" coberturas

Tratamiento	Profundidad de 0-5 cm. en un estrato de suelo	Profundidad de 5-15 cm. en un estrato de suelo	Profundidad de 15-25 cm. en un estrato de suelo
0 % de mantillo	12.44 <b>B</b>	16.29 <b>B</b>	16.99 <b>B</b>
40% de mantillo	16.62 <b>A</b>	18.60 <b>A</b>	18.71 <b>A</b>
70% de mantillo	16.64 <b>A</b>	18.81 <b>A</b>	18.94 <b>A</b>
100 % de mantillo	18.71 <b>A</b>	19.05 <b>A</b>	19.05 <b>A</b>

Los valores con letras diferentes, indican que existe una diferencia significativa al 0.05 entre los tratamientos.

Al analizar estadísticamente las diferentes tasas ( 0%,40%, 70% y 100%) de cobertura de mantillo, a las diferentes profundidades, en todo el ciclo vegetativo del sorgo forrajero, se puede reafirmar que al 40, 70 y 100% de cobertura vegetal no hay diferencia significativa estadísticamente, pero numéricamente si entre los porcentajes de cobertura, por lo tanto, se recomendaría hacer el análisis por cada fecha de seguimiento a la humedad. Por otro lado donde si hubo diferencia significativa fue el 0% de mantillo.

Para la producción de materia seca en  $\text{ton ha}^{-1}$ , se utilizo el mismo diseño experimental de AXB. Donde la parcela grande "A" fueron los tipos de labranza y las parcelas chicas "B" fueron las coberturas con dos repeticiones.

Tabla 4.5 Comparación de medias del factor "A"

Tratamiento	Media
6 (LVM <sub>3</sub> )	9.94 <b>A</b>
7 (SD )	7.87 <b>AB</b>
5 (LVM <sub>2</sub> )	7.84 <b>AB</b>
4 LVM <sub>1</sub> )	6.16 <b>B</b>
1 (LVV )	5.51 <b>B</b>
3 (LTAR )	5.46 <b>B</b>
2 (LTR)	5.40 <b>B</b>

Los valores con letras diferentes, indican que existe una diferencia significativa al 0.05 entre los tratamientos.

En la tabla 4.5 se observan los valores estadísticos relacionados al rendimiento de materia seca en  $\text{ton ha}^{-1}$ , se puede afirmar que, la parcela experimental la LVM<sub>3</sub>, obtuvo el mayor rendimiento de materia seca estadísticamente, mientras que, en la parcela experimental de SD, LVM<sub>2</sub>, no hay diferencia significativa entre estos dos valores, por otro lado, la LVM<sub>1</sub>,LTR, LVV y LTAR, obtuvieron los valores más bajos y no hay diferencia significativas estadísticas. Esto posiblemente se deba a que se hizo una capa dura en la superficie del suelo, y eso afecto a que no emergiera la planta hacia la superficie del suelo, al dar un riego pre-emergente.

A continuación se presenta la tabla 4.7 se presenta la comparación de medias del factor B que son los porcentajes de cobertura.

Tabla 4.6 Comparación de medias del factor "B"

Tratamiento	Media
3 (75% de cobertura)	8.29 A
4(100% de cobertura )	8.17 A
2 (40% de cobertura )	6.34 AB
1(0% de cobertura )	4.72 B

Los valores con letras diferentes, indican que existe una diferencia significativa al 0.05 entre los tratamientos.

En la tabla 4.6 de comparación de medias del porcentaje de cobertura, se encontró que estadísticamente al 40%, 70% y 100% no hay diferencia significativa, lo que quiere decir es que hubo mas producción de materia seca por hectárea en esos porcentajes, mientras que, Con respecto al porcentaje del 0% de mantillo en suelo quedo totalmente descubierto y se evaporo la humedad. Y por lo tanto fue menor la producción de materia seca en ton ha<sup>-1</sup>.

#### **Relación entre el porcentaje de humedad y consumo de combustible**

Tabla 4.7 Relación entre el porcentaje de humedad y consumo de combustible y rendimiento.

Trata.	Í. E. (ml m <sup>-3</sup> )	Prof. 0-5 cm. % H.	Prof. 5-15 cm. % H.	Prof. 15-25 cm. % H.	relación entre humedad y consumo de combustible			Relación entre el consumo de combustible y rendimiento	
LVV	10.26	16.10	17.23	17.68	0.63	0.59	0.58	5.51 ton	1.86
LTR	9.26	18.55	19.22	19.22	0.49	0.48	0.48	5.40 ton	1.71
LTAR	16.87	17.12	18.30	19.14	0.98	0.92	0.88	5.46 ton	3.08
LVM <sub>1</sub>	8.26	16.66	17.67	17.74	0.49	0.46	0.46	6.16 ton	1.34
LVM <sub>2</sub>	12.60	17.44	18.85	18.73	0.72	0.66	0.67	7.84 ton	1.60
LVM <sub>3</sub>	15.37	18.38	19.13	19.33	0.83	0.80	0.79	9.87 ton	1.50
SD	7.30	16.47	16.91	17.07	0.44	0.43	0.42	7.87 ton	0.92

En la tabla 4.7 se observan los valores de la relación entre el % de humedad y en consumo de combustible (ml m<sup>-3</sup>) y producción de materia seca en toneladas por hectárea, los sistemas de labranza vertical (LVV, SD, LVM<sub>1,2,3</sub>) tienen una mejor relación entre el porcentaje de humedad y el consumo de energía, pero a la vez esto también se demuestra que tienen una relación en la producción de materia seca en toneladas por hectárea en comparación con el sistema tradicional (LTA y LTAR), por lo tanto, la labranza vertical podría reemplazar al sistema tradicional, ya que presenta una alternativa para la preparación de los suelos en zonas semiáridas.

### Conclusión

Con los resultados obtenidos en campo en la realización de esta investigación y de acuerdo a los objetivos e hipótesis planteados se concluye lo siguiente:

En el tratamiento de la labranza vertical (LVV, SD y LVM<sub>1,2,3</sub>) mejoran las condiciones físicas del suelo como son, una reducción en la densidad aparente, fractura el suelo sin invertirlo, e incrementa en índice de rugosidad y ahorra consumo de energía, en comparación con los implementos utilizados en el sistema tradicional.

En relación con la captación de humedad en las parcelas experimentales se observó que los tratamientos se desempeñaron como se sigue: en un perfil del suelo de cero a cinco cm, la LTR, LVM<sub>3</sub>, LVM<sub>2</sub> y LTAR, cinco a quince cm de profundidad se observó que la LTR, LVM<sub>2</sub> y LVM<sub>3</sub>, fueron los mejores, por otro lado a una profundidad de quince a veinticinco cm. todas las parcelas no tuvieron diferencia significativa. Sin embargo se recomienda hacer análisis de por cada fecha de muestreo para observar las diferencias entre las humedades con sus respectivos porcentajes de cobertura.

En relación a la producción de materia seca en ton ha<sup>-1</sup>, en las parcelas experimentales se observó, que la LVM<sub>3</sub>, superó con el 82% de rendimiento de materia seca en ton ha<sup>-1</sup> en comparación con el sistema tradicional. Esto tiene una relación ya que también retuvo más humedad en comparación con las demás parcelas experimentales. Con lo que respecta a la parcela trabajada con la LVV no existe diferencia significativa

con la parcela experimental trabajada con la LTR, relacionada a la producción de materia seca en  $\text{ton ha}^{-1}$ .

Los implementos que realizan la labranza vertical presentan una alternativa para zonas semiáridas, ya que ahorran energía, mejoran algunas propiedades físicas de los suelos, ayudan a conservar la humedad y por lo tanto se incrementa la producción.

### **Bibliografía**

Buckingham F. 1984. Fundamentos de funcionamiento de maquinaria (FMO), serie cultivo. Deere & Company Service Training. Moline, Illinois. EEUU.

Cadena, Z. M, et al (2003). Cuantificación de la retención de humedad en un suelo laborado a diferentes tasas de cobertura en un área semiárida. <http://www.uaaan.mx/DirInv/Rdos2003/ingenieria/humedad.pdf>.

Cruz, L.A, 1992. el papel de la tracción animal en la producción agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, México.

FAO<sup>b</sup> 2003. manual de practicas integradas de manejo de conservación de suelos. ( texto del manual).

Gaytán M.T. 2003. Caracterización del desempeño de cuatro implemento de labranza en términos de consumo de energía y calidad de trabajo. Tesis maestría. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

[http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse\\_s/7mo/iita/iita.htm](http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita/iita.htm)

[http://www.turipana.org.co/ensilaje\\_maquinaria.html](http://www.turipana.org.co/ensilaje_maquinaria.html)

Hoogmoed W. 1999. Tillage for soil and water conservation in the semi-arid tropics. Wageningen Agricultural University. The Netherlands.

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

Unger P.W. and D.K. Cassel. 1991. Tillage implements disturbance effects on soil properties related to soil and water conservation, a literature review. *Soil Tillage Res.*, 19: 363-382.

#### LITERATURA CITADA

Buckingham F. 1984. Fundamentos de funcionamiento de maquinaria (FMO), serie cultivo. Deere & Company Service Training. Moline, Illinois. EEUU.

Baez A. O. 2001. Análisis del gasto de energía, eficiencia y costos de las operaciones con operaciones con maquinaria de los sistemas de producción de maíz y sorgo al norte de Tamaulipas. Tesis de licenciatura. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Borst, H.L. y Woodburn, R. 1942. The effect of mulching and methods of cultivation on runoff and erosion from Muskingum silt loam. *Agr. Engin.*, 23(1): 19-22.

Cadena Z. M., Zertuche A. F. A., Báez A. O., Gaytan M. T. 2001. Identificación de necesidades de tecnología de mecanización agrícola en las zonas áridas y semiáridas del noreste de México. Informe técnico No. 1. Departamento de Maquinaria Agrícola, UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Cadena, Z. M, et al (junio 2002). *Terra* 21. Pág. 13-19. Determinación del estado de humedad para una mínima aplicación de energía en laboreo con tracción motriz. *Terra* Vol.21 Pág. 13-19.

Crossley P., Kilgour J. 1983. Small farm mechanization for developing countries. Chichester. John Wiley, pp. 221 –224.

Domínguez L. R. F. 2001. Evaluación del desempeño y resultados tecnológicos del vibrocultivador modelo NH 700 en labranza de suelos de zonas semiáridas. Tesis de licenciatura. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Estrada-Berg W. J., Estrada-Berg O. J. B., Camacho V. M., Mendiola G. M. E., Tijerina V. A. 1999. La desertificación en el altiplano mexicano. Universidad Autónoma Chapingo - Comisión Nacional de las Zonas Áridas. México, pp. 1 – 17.

- Gaytán M.T. 2003. Caracterización del desempeño de cuatro implementos de labranza en términos de consumo de energía y calidad de trabajo. Tesis maestría. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- González H. G. 1999. Levantamientos de suelos a nivel detallado del campo experimental “el bajío” UAAAN. Tesis de licenciatura. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, pp.13-28
- Hoogmoed W. 1999. Tillage for soil and water conservation in the semi-arid tropics. Wageningen Agricultural University. The Netherlands.
- Huges Harold A. 1981. Conservación en la agricultura. Publicaciones Deere & Company Service Training. Moline, Illinois. EEUU. Pp 25 – 32.
- INEGI. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática 2001. Anuario Estadístico del Estado de Coahuila. INEGI. Aguascalientes, Ags, México, pp. 331 – 341.
- INEGI. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática 2002. Anuario de Estadísticas por Entidad Federativa. INEGI. Aguascalientes, Ags, México, p. 358.
- Kohnke, N. y Bertrand, A.R. 1959. Soil Conservation. McGraw-Hill, New York. 298 p.
- Lal, R., De Vleeschauwer, D. y Malafa Nganje, R. 1980. Changes in properties of a newly cleared tropical Alfisol as affected by mulching. *Soil Science Society Am J.* 44: 827-833.
- Pérez A. J. C. 2003. Evaluación del desempeño y resultados tecnológicos del multirrado en dos tipos de suelos de zonas semiáridas. Tesis de licenciatura. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Pimentel, D. and Heichel, 1991. Energy efficiency and sustainability of farming system. In: R. Lal and F.J. Pierce (eds), soil management for

sustainability. Soil and water conservation society, Ankeny, Iowa, pp. 113-123

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

Maza M. S. 2003. Evaluación del gasto de energía y retención de humedad a diferentes tasas de cobertura después de una labor de cincelado Tesis de licenciatura. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mannering, J.V. y Meyer, L.D. 1963. The effect of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. *Soil Sci.Soc.Am. Proc., Madison*, 27:84-6.

Meyer, L.D.; Wischmeier, W.H. y Foster, G.R. 1970. Mulch rates required for erosion control on steep slopes. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc., Madison*, 34:928-31.

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.

Unger P.W. and D.K. Cassel. 1991. Tillage implements disturbance effects on soil properties related to soil and water conservation, a literature review. *Soil Tillage Res.*, 19: 363-382.

### Páginas de Web Consultadas

FAO<sup>b</sup> 2003. manual de practicas integradas de manejo de conservación de suelos. ( texto del manual).

[http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse\\_s/7mo/iita/iita.htm](http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita/iita.htm)

Gaobao H. et al 2003. Conservation tillage effects on spring and field pea in the western loess plateau China.

<http://www.paper.edu.cn/scholar/download.jsp?file=huanggaobao-1>

Cruse, R.M. (2001). Strip tillage effects on crop production, crop year 2001, dept. of agronomy, Iowa state university, USA.

<http://www.agriculture.state.ia.us/iflm/striptillagerep.pdf>

Herrera, F. et al (2003). Agronomía mesoamericana 14 (1): 65-70 .2003 efecto de la cantidad de rastrojo de arroz sobre las malezas y el frijol. [http://www.fao-sict.un.hn/documentos\\_interes/17\\_efectos\\_rastrojos.pdf](http://www.fao-sict.un.hn/documentos_interes/17_efectos_rastrojos.pdf)

Bravo C. y Florentino A. 1997. Bioagro 9(3): 67-75 efectos de diferentes sistemas de labranza sobre las propiedades físicas del suelo y su influencia sobre el rendimiento del algodón

[http://pegasus.ucla.edu.ve/BIOAGRO/archivobioagro/9\(3\)%20en%20PDF/1.%20Efecto%20de%20diferentes%20sistemas.pdf](http://pegasus.ucla.edu.ve/BIOAGRO/archivobioagro/9(3)%20en%20PDF/1.%20Efecto%20de%20diferentes%20sistemas.pdf)

Cadena, Z. M, et al (2003). Cuantificación de la retención de humedad en un suelo laborado a diferentes tasas de cobertura en un área semiárida. <http://www.uaaan.mx/DirInv/Rdos2003/ingenieria/humedad.pdf>.

[http://www.turipana.org.co/ensilaje\\_maquinaria.html](http://www.turipana.org.co/ensilaje_maquinaria.html)

# Apéndice A

Formulas para determinar en consumo de combustible en  $\text{ml m}^{-3}$

Multiarado a 23 cm. De profundidad.

$$potencia = \frac{trabajo}{tiempo} = \frac{fuerza * distancia}{tiempo} = f \times v$$

Formula encontrada por Cadena et al (2000).relaciona el consumo de combustible - potencia a la TDF.

$$y = -72.8 + 21.96x - x^2$$

Donde:

Y = potencia del tractor a la toma de fuerza (Kw.)

X = Consumo de combustible (l/h)

En una revisión de literatura se encontró que el Multiarado consume 23.77 KN entonces lo tenemos que convertir a Kw.

$$velocidad = 4.28 \frac{km}{h} \left| \frac{1000m}{1km} \right| \left| \frac{1h}{3600s} \right| = 1.188m/s$$

$$potencia = (23.77KN)(1.18m/s) = 28.04Kw$$

Sustituyendo de la ecuación original encontrada por Cadena et al (2000):

$$y = -72.8 + 21.96x - x^2$$

$$28.04kw = -72.8 + 21.96x - x^2$$

$$28.04 + 72.8 - 21.96x + x^2 = 0$$

$$x^2 - 21.96x + 100.85 = 0$$

$$x_1 = 21.96 \pm \sqrt{\frac{(21.96)^2 - 4(100.85)}{2}}$$

$$x_1 = \frac{21.96 \pm 8.88}{2}$$

$$x_1 = \frac{21.96 + 8.88}{2} = 15.42l/h$$

$$x_1 = \frac{21.96 - 8.88}{2} = 6.54l/h$$

Posteriormente se hace la siguiente operación:

$$cc = \frac{axv}{10} = \frac{(1.65m) \times 4.28km/hr}{10} = 0.7062$$

$$cc = 0.7062 \times 0.75 = 0.5296ha/hr$$

$$0.5296ha/hr^{-1}$$

$$1.888hr/ha$$

$$C.Combustible = 15.42l/hr \times 1.888hr/ha = 29.11l/ha$$

$$\frac{29.11l/ha}{2300m^3/ha} = 0.012l/m^3 \times 1000ml = 12.65ml/m^3$$

Cálculos para determinar el cambio de la densidad aparente después de la labor

Ejemplo de cómo calcular la densidad aparente.


$\bar{x} = 8.1874$  cm, Microrrelieve desp. de trab.

$\bar{x} = 7.1956$  cm., Microrrelive antes de trab.

Diferencia del trabajo = 0.9918cm.  
 Densidad Aparente = 1.32 Ton/m<sup>3</sup>.  
 Profundidad Media de Trabajo: 15.41 cm.

$$\begin{array}{r}
 + 15.41 \text{ cm.} \\
 \underline{0.9918 \text{ cm.}} \\
 16.4018 \text{ cm.}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 1\text{m}^3 \text{-----} 1.32 \text{ Ton.} \\
 0.1541\text{m}^3 \text{-----} x
 \end{array}$$

$$x = 0.203412 \text{ Ton.}$$

$$\frac{0.203412 \text{ Ton.}}{0.164018 \text{ m}^3} = 1.24 \text{ Ton/ m}^3.$$

# Apendice B

Anexos de los análisis estadísticos ANVAR. De agregados.

Cuadro A.1 análisis de varianza y comparación de medias por Tukey de los agregados

Variable: agregados

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
1	10.73	11.85	8.33
2	10.46	12.32	5.79
3	18.84	12.10	10.57
4	13.99	11.82	8.82
5	12.81	18.40	16.26
6	9.24	33.07	28.68
7	8.10	8.59	9.46

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Tratamientos	6	484.128	80.688	2.6008	0.075
Bloques	2	47.556	23.778	0.7664	0.510
Error	12	372.292	31.024		
Total	20	903.977			

C.V. = 41.74%

#### TABLA DE MEDIAS

Tratamiento	Media
5	18.84 A
3	12.32 AB
6	12.10 AB
7	10.57 AB
2	10.46 AB
1	8.33 B
4	5.79 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 9.3615

Anexos de los análisis estadísticos ANVAR. De humedad en un estrato de suelo de 0-5.

Cuadro A.2 análisis de varianza y comparación de medias por Tukey de la humedad.

VARIABLE: HUMEDAD 0-5 CM.

A	B	1	2
1	1	12.3560	12.5345
1	2	16.5100	16.7310
1	3	16.7112	16.5862
1	4	17.5677	19.8668
2	1	15.5122	16.1368
2	2	19.7835	17.6113
2	3	19.6814	19.3616
2	4	19.7485	20.6021
3	1	15.2276	15.4564
3	2	20.4246	17.7374
3	3	17.2277	17.5296
3	4	16.8335	16.5716
4	1	14.8010	14.9318
4	2	17.1713	16.5427
4	3	16.8255	17.3603
4	4	18.7325	16.9509
5	1	14.4452	15.0217
5	2	18.2539	18.3186
5	3	18.4275	18.8207
5	4	17.9434	18.3419
6	1	16.5346	17.1270
6	2	18.7069	18.2445
6	3	20.1545	18.5494
6	4	19.8028	17.9708
7	1	15.2187	12.9366
7	2	15.9595	15.8788
7	3	18.3968	18.0997
7	4	17.7423	17.5582

## ANÁLISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P > F
REPETICIONES	1	0.960938	0.960938	1.5407	0.260
FACTOR A	6	42.378906	7.063151	11.3246	0.006
ERROR A	6	3.7421188	0.623698		
FACTOR B	3	108.109375	36.03457	58.8672	0.000
INTERACCION	18	27.951172	1.552843	2.5366	0.021
ERROR B	21	12.8554669	0.612165		
TOTAL	55	195.998047			

C.V. (ERROR) = 4.54%

## TABLAS DE MEDIAS DEL FACTOR A

Tratamiento	Media
2	18.5547 A
6	18.3864 A
5	17.4466 AB
3	17.1261 AB
4	16.6645 B
7	16.4738 B
1	16.1079 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 1.6446

## TABLAS DE MEDIAS DEL FACTOR B

Tratamiento	media
4	18.3024 A
3	18.1237 A
2	17.7053 A
1	14.8743 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.8249

Cuadro A.3 análisis de varianza y comparación de medias por Tukey de la humedad.

VARIABLE: HUMEDAD 5-15 CM.

A	B	1	2
1	1	14.8257	13.4527
1	2	18.1643	18.0019
1	3	17.0902	17.4199
1	4	19.3564	19.5047
2	1	17.2310	17.9594
2	2	20.4709	18.3184
2	3	20.7238	18.9898
2	4	20.3442	19.7760
3	1	15.9753	18.1358
3	2	19.7404	19.5729
3	3	18.9319	17.5082
3	4	18.4247	18.1437
4	1	16.4944	16.6310
4	2	18.0387	17.7348
4	3	17.6895	18.5327
4	4	18.2224	18.0877
5	1	16.3399	16.9577
5	2	18.7719	19.5328
5	3	19.2076	19.5170
5	4	20.9279	19.5738
6	1	18.0942	17.2794
6	2	19.3433	19.7585
6	3	19.5542	20.6304
6	4	19.7492	18.6992
7	1	14.3132	14.3665
7	2	16.9296	16.1430
7	3	18.8487	18.8078
7	4	19.5282	16.4133

ANÁLISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P > F
REPETICIONES	1	1.140625	1.140625	2.5064	0.163
FACTOR A	6	41.669922	6.944987	15.2611	0.003

ERROR A	6	2.730469	0.455078		
FACTOR B	3	68.591797	22.863932	35.5147	0.000
INTERACCION	18	22.613281	1.256293	1.9514	0.072
ERROR B	21	13.519531	0.643787		
TOTAL	55	150.265625			

C.V. (ERROR B) = 4.41%

#### TABLAS DE MEDIAS DEL FACTOR A

Tratamiento	Media
2	19.2267 A
6	19.1385 A
5	18.8536 AB
3	18.3041 ABC
4	17.6789 BC
1	17.2395 C
7	16.9188 C

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 1.4048

#### TABLAS DE MEDIAS DEL FACTOR B

Tratamiento	media
4	19.0537 A
3	18.8180 A
2	18.6087 A
1	16.2969 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.8249

Cuadro A.3 análisis de varianza y comparación de medias por Tukey de la humedad.

VARIABLE: HUMEDAD 15-25 CM.

A	B	1	2
1	1	15.2116	14.0987
1	2	18.1559	18.5152
1	3	16.5375	18.2353
1	4	20.1669	20.5742
2	1	17.6908	18.5802
2	2	20.3250	18.1871
2	3	19.8395	19.5474
2	4	19.5514	20.0643
3	1	18.5070	19.1081
3	2	20.8681	19.5961
3	3	19.8673	17.5261
3	4	19.4211	18.2557
4	1	15.8952	18.0482
4	2	18.3436	17.1442
4	3	17.3754	18.5189
4	4	18.4928	18.1120
5	1	16.3700	18.1518
5	2	19.1687	19.6275
5	3	19.2418	19.6578
5	4	18.5699	19.0897
6	1	17.2282	19.6214
6	2	19.8947	18.4818
6	3	21.0257	19.9410
6	4	20.0784	18.3802
7	1	14.6825	14.6673
7	2	17.0119	16.7096
7	3	19.2090	18.7387
7	4	19.8845	15.7087

## ANÁLISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P > F
REPETICIONES	1	0.585938	0.585938	0.4971	0.512
FACTOR A	6	39.208984	6.534831	5.5440	0.029
ERROR A	6	7.072266	1.178711		
FACTOR B	3	38.871094	12.957031	12.2227	0.000

INTERACCION	18	34.003906	1.889106	1.7820	0.102
ERROR B	21	22.261719	1.060082		
TOTAL	55	142.003906			

C.V. (ERROR B) = 5.59%

#### TABLAS DE MEDIAS DEL FACTOR A

Tratamiento	Media
6	19.3314 A
2	19.2232 A
3	19.1437 A
5	18.7347 A
4	17.7413 A
1	17.6870 A
7	17.0765 A

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 2.2609

#### TABLAS DE MEDIAS DEL FACTOR B

Tratamiento	media
4	19.0250 A
3	18.9472 A
2	18.7164 A
1	16.9901 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 1.0856

Cuadro A.4 análisis de varianza y comparación de medias por Tukey de rendimiento.

VARIABLE: RENDIMIENTO

A	B	1	2
1	1	2.24	2.57
1	2	5.24	5.12
1	3	7.27	9.12
1	4	7.10	5.46
2	1	1.96	4.03
2	2	7.26	5.61
2	3	3.69	4.11
2	4	8.75	7.81
3	1	3.12	4.43
3	2	5.46	5.28
3	3	1.24	7.26
3	4	8.10	7.85
4	1	4.19	7.62
4	2	4.88	7.11
4	3	9.32	6.46
4	4	5.54	4.18
5	1	5.57	4.41
5	2	4.83	8.47
5	3	13.85	9.11
5	4	6.87	9.60
6	1	8.64	8.94
6	2	7.90	6.07
6	3	10.33	13.45
6	4	14.74	9.43
7	1	5.93	2.43
7	2	5.85	9.76
7	3	10.29	10.65
7	4	13.53	4.57

## ANÁLISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P > F
REPETICIONES	1	0.062988	0.062988	0.0210	0.884
FACTOR A	6	142.812744	23.802124	7.9489	0.013
ERROR A	6	17.966309	2.994385		
FACTOR B	3	120.828369	40.276123	7.1298	0.002
INTERACCION	18	111.179199	6.176622	1.0934	0.418

ERROR B	21	118.628662	5.648984
TOTAL	55	511.478271	

C.V. (ERROR B) = 34.53%

#### TABLAS DE MEDIAS DEL FACTOR A

Tratamiento	Media
6	9.9375 A
7	7.8888 AB
5	7.8297 AB
4	6.1625 B
1	5.5150 B
3	5.4550 B
2	5.4025 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 3.6234

#### TABLAS DE MEDIAS DEL FACTOR B

Tratamiento	media
3	8.3036 A
4	8.1736 A
2	6.3457 AB
1	4.7200 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 2.5034

