

Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

División de Ingeniería



Evaluación del gasto de energía y retención de humedad a
diferentes tasas de cobertura después de una labor de cincelado

Por:

Saraín Maza Mazariegos

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Mecánico Agrícola

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2003

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Evaluación del gasto de energía y retención de humedad a
diferentes tasas de cobertura después de una labor de cincelado

Por:

SARAÍN MAZA MAZARIEGOS

Tesis

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

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobado
Presidente del Jurado

Dr. Martín Cadena Zapata

Asesor Externo del INIFAP

Sinodal

Dr. Santos G. Campos Magaña

Ing. Tomas Gaytan Muñiz

Coordinador de la División de Ingeniería

M.C. Luis Edmundo Ramírez Ramos

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mayo de 2003.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Padre

Por haberme dado la vida maravillosa y ser la guía de mi camino, me permitiste ser lo que soy ahora. **Gracias señor mío**

A mi Alma Mater

Por permitir mi formación profesionalmente por esto y mas **Gracias mi “NARRO”**

Al Dr. Martín Cadena Zapata, quien gracias a su colaboración pude lograr alcanzar esta etapa final como tesista, por su amistad y confianza brindada sin interés alguno

Al Dr. Santos Gabriel Magaña, quien conocí como a una persona sencilla, y amable, quien me brindo su amistad y confianza, me asesoró y apoyó en la realización de este trabajo Gracias

Al Ing. Tomas Gaytan Muñiz, por su cooperación desinteresada en la revisión de este trabajo, como en brindarme su amistad y confianza

Como también a los maestros del Departamento de Maquinaria Agrícola, **Dr. Aguinaldo, Ing. B. Elizabeth, Mc. Héctor Uriel, Mc. Jesús Valenzuela, Mc. Juan A. Guerrero, Ing. Juan Arredondo, Ing. Sergio Martínez**, por su amistad y confianza que me brindaron durante mi período como estudiante

A mis compañeros y amigos de la generación XCIV, a quienes aprecio y apreciare por siempre, **Agustina del carmen, Leticia, Juan Carlos, José Manuel, Alfredo, Adrián, Jorge Armando, Alejandro A., Manuel H., Ángel, Francisco Javier, Jaudiel, Russell, Mitzunory, Teofilo, Antonio, Ramiro, José V, Jorge E., y Pedro Martínez.** Por su amistad y confianza brindada
Gracias

Como también agradezco al **C. Mario Amaro, Sra. Lidia, Sra. Teresita, C. Efraín y C. Acacio** por su tiempo valioso prestado en mi **Gracias**

DEDICATORIAS

A Mis Padres:

Sr. Sarain Maza Montero

Sra. Petra Mazariegos Guillén

A quienes dedico este trabajo con mucho cariño y amor, que con tantos sacrificios y sueños esperaban ver al hijo que se alejo de su lado ahora ven reflejado su esfuerzo

Gracias

A Mis Hermanos

Jorge Alejandro Maza Mazariegos

Adriana Yuridia Maza Mazariegos

Yesenia Anahí Maza Mazariegos

A mi Primo

Hoxcel Rincón Maza

A quines estimo y quiero mucho a todos ellos gracias por creer en mi que si se "PUDO"

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
Índice de figuras	viii
Índice de tablas	ix
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Conservación de suelo, humedad y energía en sistemas de labranza	2
1.2 Uso de coberturas vegetales para la conservación de suelo y humedad	4
1.3 La necesidad de utilizar sistemas alternativos de labranza para conservar humedad	5
1.4 Objetivos	6
1.5 Hipótesis	6
II. REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1 El uso de coberturas para conservación de humedad y suelo ..	7
2.2 Tecnología de implementos para el manejo de sistemas de labranza con cobertura	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1 Fuente de potencia	19
3.2 Implemento	20
3.3 Caracterización del consumo de energía en el predio “Buenavista”	21
3.3.1 Caracterización del sitio de evaluación en campo	21
3.4 Evaluación de la conservación de humedad en el predio “La Parcela”	41
3.4.1 Metodología	41
3.4.2 Caracterización del sitio de prueba.....	41

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1 Evaluación del gasto de energía	44
4.2 Resultados de la conservación de humedad en el predio del ejido “La Parcela”	55
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
VI. LITERATURA CITADA	67
VII. ANEXOS	71

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Tractor 5010 4WD	19
Figura 2	Vibrocultivador NH700	20
Figura 3	Extracción de muestras para determinar humedad	22
Figura 4	Barrena de volumen conocido (extractor de núcleos)	24
Figura 5	Medidor de cobertura	25
Figura 6	Medidor de densidad de cobertura	26
Figura 7	Medición del microrrelieve antes y después de la labor	28
Figura 8	Determinación de la resistencia a la penetración	29
Figura 9	Determinación de la velocidad de trabajo	31
Figura 10	Medición del patinaje	32
Figura 11	Medición del consumo de combustible	33
Figura 12	Fuerza de arrastre del implemento, acoplado al tractor	34
Figura 13	Sistema de conversión analógico digital	35
Figura 14	Medición de agregados	39
Figura 15	Determinación del área y perfil de disturbación	40
Figura 16	Medidor de cobertura	43
Figura 17	Valores de densidad aparente en el predio “Buenavista”	45
Figura 18	Comportamiento de la resistencia a la penetración con respecto a la densidad aparente predio “Buenavista”	46
Figura 19	Comportamiento de la resistencia a la penetración predio “Buenavista”	47
Figura 20	Microrrelieve antes del paso del implemento predio “Buenavista”	48
Figura 21y 22	Comportamiento de las graficas para el calculo de la fuerza requerida por el implemento	50

Figura 23	Microrrelieve después del paso del implemento predio “Buenavista”	52
Figura 24	Comportamiento de la densidad aparente del ejido del predio “La Parcela”	56
Figura 25	Microrrelieve antes del paso del implemento del ejido del predio “La Parcela”	57
Figura 26	Microrrelieve después del paso del implemento del ejido del predio “La Parcela”	58
Figura 27	Comportamiento del contenido de humedad promedio en el perfil del suelo con cobertura en las diferentes fechas de muestreo	59
Figura 28	Comportamiento de la humedad en el perfil del suelo con sus respectivos tratamientos de cobertura del 11 de julio 2002	60
Figura 29	Comportamiento de la humedad en el perfil del suelo del 13 de agosto de 2002	61
Figura 30	Comportamiento de la humedad en el perfil del suelo del 05 de septiembre de 2002	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros del desempeño del vibrocultivador con y sin rodillo	49
Tabla 2	Determinación de la fuerza requerida por el implemento	51
Tabla 3	Resultados tecnológicos después de la labor	53
Tabla 4	Índice de rugosidad y densidad aparente antes y después del paso del implemento	59
Tabla 5	Comparación de medias del factor “B” (tratamientos)	62
Tabla 6	Comparación de medias de humedad entre las interacciones de profundidad y cobertura del 11/ julio/02	63
Tabla 7	Comparación de todas las medias del factor “B” (coberturas)	64

RESUMEN

Uno de los problemas mas fuertes en la agricultura de temporal de zonas semiáridas es la disponibilidad y conservación de humedad en el perfil del suelo, así como la poca disponibilidad de información y de tecnología orientada a la solución de este problema. Esta investigación tuvo como objetivo principal el determinar los porcentajes de humedad a diferentes niveles de cobertura en un sistema de labranza reducida mediante el uso del vibrocultivador, así como también determinar la calidad de trabajo del mismo y niveles de consumo de energía, llevándose a cabo en dos sitios diferentes uno en el predio del ejido “La Parcela”, municipio de Saltillo, Coahuila, y el otro en el campo experimental de la UAAAN (Bajío), 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 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 tratamientos con cobertura del 75 y 100 %, lo cual indica que para captación de humedad en un ambiente semiárido el mínimo de cobertura a utilizar seria del 75 %.

I. INTRODUCCIÓN

El principal problema en las zonas áridas es la escasa disponibilidad de humedad en el suelo para el desarrollo de los cultivos. Se considera que la siembra de temporal principalmente en el cultivo del maíz en la región de Saltillo tiene una superficie sembrada de 37,186 ha, sembradas y solamente se cosechan 20,456 ha, y el resto se pierde por deficiencias de agua (INEGI 1998). En la mayoría de los suelos del país, debido a una estructura pobre, se pierde hasta un 30 % de las lluvias anuales por escurrimientos ocasionados por las tasas de infiltración menores a las lluvias que ocurren en estos suelos (INEGI 1998). Es necesario entonces explorar y explotar posibilidades para aumentar la conservación de humedad en el perfil de los suelos donde se desea que se desarrolle el mayor volumen de raíces como medio productivo para la agricultura. Una de las alternativas para lograr lo anterior es la labranza de conservación donde el uso de coberturas impidan una excesiva evaporación y erosión de los suelos. El uso del mantillo tiene un papel importante para retener cantidades considerables de humedad en los suelos laborados con cinceles. Sin embargo actualmente se podría estar utilizando mantillo (cobertura vegetal), que el agricultor podría usar para alimentación del ganado, en un sistema más eficiente para conservar humedad.

En México no existe suficiente información disponible cuantificada que indique los índices de cobertura optimas para una buena retención de humedad, se menciona que el mínimo para la labranza de conservación son de

30 % de cobertura (Conservation Tillage Information Center, 1984), sin embargo ¿Cual sería la cobertura mínima o la apropiada para la conservación de humedad en una zona semiárida?. Por eso se plantea evaluar el resultado de trabajo en una labor de cincelado a diferentes tasas de cobertura, de tal manera que se pueda obtener información sobre que porcentaje de cobertura sería el optimo para la retención de humedad en un ambiente semiárido. Es decir a que porcentaje hay o no diferencia significativa en la retención de humedad para tener elementos de decisión en la cantidad de cobertura a utilizar en este ambiente. La generación de esta información brindara mas apoyo para el manejo del mantillo, servirá también para tener un indicador de como y cuanto agregar a los suelos. El mayor beneficio que se obtendrá con este trabajo de investigación es el de generar información cuantificada acerca del manejo de las tasas optimas de cobertura (tasas de laboreo superficial sin inversión), para la captación de humedad en un ambiente semiárido.

1.1 Conservación de Suelo, Humedad y Energía en Sistemas de Labranza

En los últimos años se ha incrementado el interés por el uso eficiente de la energía y la conservación de los recursos de suelo y agua principalmente donde es escasa, lo que ha traído un cambio en actitudes con respecto a las practicas de manejo del suelo y los residuos. Cada año se da mas énfasis al uso de las labranzas mínimas y a la preparación de la cama de siembra en la agricultura de temporal. sin embargo algunos trabajos de investigación han identificado los efectos de algunas propiedades físicas del suelo en la infiltración y en el almacenamiento del agua en el perfil del suelo; consecuentemente los agricultores alteran tales propiedades físicas, con el uso de labranzas primarias o secundarias en un intento por crear condiciones optimas para la siembra, la germinación, el desarrollo y el rendimiento del cultivo (FAO [4]).

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 mts. 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 maquinas es más o menos la misma. La profundidad de trabajo del cultivador en otoño puede ser de hasta 25 a 30 cm para roturar el fondo compacto del surco o suelo endurecido, o para aumentar la capacidad de retención de humedad del suelo en invierno (Buckingham, 1976).

La función básica del arado de cincel ha cambiado poco desde la época en que los hombres primitivos empujaban palos de horquilla a través del suelo, hace miles de años. Las aleaciones de acero han remplazado la madera y los tractores han reemplazado la fuerza muscular de hombres y animales, pero el propósito sigue siendo el de remover y airear el suelo con una inversión mínima. (fao, [5]). Hoy en día con los avances agropecuarios con un enfoque a los sistemas de conservación, las grandes empresas de maquinaria agrícola lanzando al mercado agropecuario nuevos implementos para la conservación de los suelos, uno de los implementos mas utilizados en este mismo sistema de conservación es el arado de cinceles, dentro de estos una variante es el vibrocultivador, (New Holland.2001). Cuando se los usa con los rastrojos de maíz, principalmente con los de soya los cultivadores de cobertura de rastrojó mezclan los residuos dentro del suelo y dejan en la superficie terrones mayores y más ásperos que resisten bien la erosión (fao,[10]). Las causas de degradación de suelos agrícolas podemos mencionarlas de la siguiente manera. Cobertura inadecuada de la superficie del suelo, que expone los agregados de la superficie del suelo a la acción de lluvias; como consecuencia ocurre el colapso estructural de estos agregados, formándose costras con espesor medio de un milímetro que

reducen drásticamente la infiltración de agua. Excesiva labranza y/o labranza con humedad inadecuada: la labranza en exceso y superficial lleva a la rotura de los agregados, favoreciendo la formación de costras, escurrimiento y el transporte de partículas (erosión). La reducción de la rugosidad provocada por la labranza (Cabeda, 1984).

1.2 Uso de Coberturas Vegetales para la Conservación de Suelo y Humedad

Desde inicios 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%. En los años 70, algunas prácticas de manejo inadecuadas se diseminaron ampliamente.

La quema de rastrojos, el uso intenso de las rastras de discos sin considerar la humedad del suelo y la utilización de herbicidas pre-emergentes trajeron muchos problemas, tales como, la escasa cobertura de la superficie, la pulverización excesiva de la estructura superficial, la compactación del suelo superficial “piso de arado”, la disminución de la estabilidad de los agregados y niveles de materia orgánica, con reducción en la infiltración del agua y consecuente aumento de la escorrentía (Kemper y Vieira 1979; Vieira 1988).

Después de 1975, con el desarrollo de investigaciones donde se buscó señalar la importancia de los aspectos de degradación del suelo, sobre todo erosión, los agricultores empezaron a tener mayor conciencia y pasaron a adoptar tecnologías mejoradas de manejo y labranza. Actualmente, la costumbre de quemar rastrojos fue reemplazada por el uso de cobertura muerta en la superficie o incorporada. Igualmente, en los agricultores han adoptado los cultivos de abonos verdes y de cobertura (fao,[10]). Otra ventaja es que la cobertura con rastrojos sobre la superficie establece una barrera que provoca una reducción de la tasa a la que el agua se evapora desde el suelo.

Cuanto más rastrojo haya y cuanto menos se haya movido el suelo, mejor conservación del agua tendremos haciendo que la oportunidad de siembra sea mejor, ya que no habría que esperar que llueva para sembrar. En general, uno puede sembrar cuando quiere sembrar. Asimismo se conserva mejor la reserva de agua del suelo para que sea aprovechada por el cultivo, especialmente en los períodos críticos (fao,[10])

1.3 La Necesidad de Utilizar Sistemas Alternativos de Labranza para Conservar Humedad

Los agricultores empezaron a cambiar los sistemas de labranza hacia arados de cinceles y siembra directa, convencidos sobre los problemas que causan al suelo la utilización continua de los arados de discos. En una investigación realizada por *Ipardes* (1990), se observó que los sistemas de labranza con arados de cinceles y siembras directas ocupan un lugar preferencial en algunos de los cultivos importantes. Por ejemplo se puede observar una amplia utilización del arado de cincel en los cultivos estudiados, sobre todo en la soya. La siembra directa, que empezó alrededor de 1975, ocupa cerca de 10% con tendencia a crecer. El agricultor mínimo, con habilidad

limitada para roturar el suelo, se quedaría asombrado ante el número de hectáreas que un hombre actual puede trabajar, en la actualidad, un solo hombre puede trabajar 100 hectáreas en un día con un arado de cincel de hasta 14 metros de ancho y a profundidades y velocidades que el hombre de antaño no podía ni soñar en llevar a cabo con sus herramientas rudimentarias. Los cultivadores para cobertura de rastrojo a menudo es posible trabajar los tallos de maíz inmediatamente después de la cosecha sin necesidad de cortarlos o triturarlos. Una pasada deja el suelo protegido, abierto y áspero – preparado para absorber la humedad y resistir la erosión del agua y del viento. El reducido número de pasadas sobre el campo ayuda a reducir al mínimo la compactación que afecta a las raíces y mejora la infiltración del agua.

Los arados de cincel descompactan el suelo lo que permite una mejor infiltración del agua, dejando la mayor parte de los residuos sobre la superficie, lo que ayuda a reducir la evaporación y erosión, (Buckingham, 1976).

1.4 Objetivos

- Determinar la pérdida de humedad en diferentes niveles de cobertura en un sistema de labranza reducida mediante el uso del vibrócultivador.
- Determinar la calidad de trabajo del vibrócultivador y niveles de consumo de energía.

1.5 Hipótesis

En relación con otros implementos de labranza el arado de cinceles mejora las condiciones de la cama de siembra, como también el consumo de energía es menor.

La conservación de humedad se incrementa al aumentar la cobertura. Pero en relación con la retención de humedad no hay diferencia significativa a partir del 50 % de cobertura en una zona semiárida.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El Uso de Coberturas Para Conservación de Humedad y Suelo

La cubierta de residuos permite que el tiempo entre la aplicación de los riegos se alargue entre 7 y 10 días que sin tener algún tipo de cobertura vegetal. Otro beneficio, es que en los predios con pendientes más pronunciadas se mejora la aplicación del riego; ya que los residuos detienen la velocidad del agua permitiendo una mejor infiltración, además ayuda a que el agua se distribuya mejor dentro de la melga. Con la acumulación de residuos sobre la superficie del suelo se logra reducir la evaporación del agua del suelo tanto por el viento como por el sol, menores temperaturas en el suelo disminuyen la erosión por viento y agua (Kocher ,1989).

Las evaluaciones indican que el sistema de labranza mínima con residuos ofrece una mayor protección al suelo, tanto como cobertura viva como cobertura muerta. Se observa una gran pérdida del suelo (erosión) y pérdida de humedad cuando este se encuentra descubierto y principalmente cuando se realiza labores de labranza convencional (Bravo y Florentino; 1999).

Cuando se tiende a utilizar coberturas como medio para la captación de humedad y se establece algún tipo de cultivo se tienen que utilizar algún tipo de herbicidas para el control de las malas hiervas (Lozano, González y Villegas 1990).

En la literatura existente se destaca que la mayor atención debe dársele a las practicas de manejo del suelo y del cultivo como una forma primaria de

controlar los procesos de degradación (erosión, compactación, etc.), así como para mejorar la eficiencia en el uso del agua a través de sistemas de labranza a conservacionistas que proporcionen una buena cobertura, que reduzca el impacto de las gotas de lluvia, disminuya la escorrentía superficial, aumente la infiltración del agua de lluvia e incremente su almacenamiento y disponibilidad para las plantas (Adeoye, 1982; Azuaje *et al.*, Plagiai, 1987; Bravo, 1993; pla, 1995; Lal, 1997).

En general, las coberturas de los residuos vegetales reducen eficazmente y significativamente las pérdidas de suelo, destacándose las coberturas con barbecho natural donde se registraron los valores más bajos en erosión. Un mayor porcentaje de cobertura sugiere menores pérdidas de suelo y una mayor conservación y acumulación de humedad, lo que implica un mantenimiento más sostenido de la productividad (Bravo y Florentino; 1999).

Los resultados indican que en las zonas áridas poseen un coeficiente elevado de escurrimiento de 50 a 95 % en lluvias de 40 mm/h o más; con una capacidad reducida para la infiltración, se concluye que la hidrodinámica en estos suelos condiciona a estas áreas a un mínimo aprovechamiento de agua por la gran cantidad que escurre y la poca infiltración que se presenta. La hidrodinámica de suelos indica lo que ocurre con el agua de lluvia cuando llega al suelo; con la determinación de la capacidad de escurrimiento e infiltración de los suelos, se contribuye al aprovechamiento óptimo del recurso agua. El aprovechamiento de esos recursos depende de las condiciones climáticas de zonas áridas (Reyes;1989).

La erosión y la pérdida de agua no se combaten con medidas de control mecánico, sino con una estructura viva y estable del suelo. Sólo esto permite, que

el agua de la lluvia no comience a correr en la superficie, sino que se infiltre lo más posible (Kayombo y Lal, 1994).

Una cobertura sobre el suelo lo protege de la fuerza de las gotas de lluvia y disminuye la separación de las partículas de los agregados de suelo, que es el primer paso en el proceso de erosión hídrica. Existe evidencia que un 40% de cobertura del suelo reduce las pérdidas de suelo a valores menores de 10% de lo que ocurriría en el mismo suelo desnudo si bien esto se refiere sólo a la erosión por salpicadura. Cuando la erosión es causada por una combinación de los procesos erosivos, como erosión por salpicadura y erosión en surcos, es muy probable que se requiera una cobertura más elevada del 40% para reducir las pérdidas de suelo a sólo 10% de lo que ocurriría en el mismo suelo desnudo. Investigaciones en Kenia sobre el efecto de diferentes coberturas orgánicas sobre las pérdidas de suelo con lluvias simuladas que provocaron erosión por surcos y salpicadura, mostraron que se requiere entre 67 y 79% de cobertura para reducir las salpicaduras (Barber y Thomas, 1981).

La protección del suelo debido a la cobertura evita la formación de costras y mantiene una mayor tasa de infiltración (Lal, 1975).

Los mecanismos para lograr una mayor cobertura son: Dejar todos los residuos de los cultivos dentro de la parcela, no quemarlos, no llevarlos fuera de la parcela y no pastorearlos o por lo menos reducir el pastoreo al mínimo; esto implica el cercamiento de las parcelas para poder controlar la intensidad del pastoreo. Si normalmente los agricultores retiran los rastrojos como forraje para su ganado, será necesario revisar todo el sistema de producción para identificar como se pueden producir fuentes alternativas de forraje para sustituir los rastrojos. Practicar un sistema de labranza conservacionista que deje los rastrojos sobre la superficie del suelo y no los entierre como en los sistemas convencionales de labranza. Aplicar abonos o cobertura orgánica para aumentar la cobertura del terreno. Aumentar la producción de biomasa en la parcela por medio de la

siembra de cultivos de cobertura, cultivos intercalados, cultivos de relevo y aumentar la densidad de siembra de los cultivos. Sembrar, dentro de la rotación, cultivos que producen grandes cantidades de rastrojos (Barber, 1994).

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 (Meyer *et al.* 1970).

López (1984) argumenta que a pesar de la disminución progresiva de la erosión durante el período vegetativo, los cultivos en desarrollo no reducen la erosión tan eficientemente como lo hacen sus residuos de cosecha mantenidos en contacto directo con la superficie del suelo. Por eso, la utilización de los residuos de cosecha como cobertura del suelo es la manera más eficiente, simple y económica del control de la erosión (Amado, 1985).

La cobertura del suelo es el factor individual de mayor importancia en el control de la erosión hídrica (Amado, 1985). La cobertura del suelo puede ser representada básicamente por la cobertura vegetal de las plantas en desarrollo (período vegetativo) o por sus residuos (Forster, 1981, citado por López, 1984).

Los residuos de cosecha dejados o colocados sobre la superficie del suelo, en sentido transversal al declive del terreno, de acuerdo a observaciones realizadas por Meyer *et al.* (1970), promueven la formación de una escalera en miniatura, representada por la acumulación de suelo delante de pedazos de paja. Lattanzi *et al.* (1974) describieron la formación de pequeños diques que retienen el agua de escurrimiento, aumentando la profundidad de la superficie de la película de agua sobre el suelo, posibilitando de esta manera la disipación de una parte de la energía de las gotas de agua de lluvia.

Otra ventaja es que la cobertura con rastrojos sobre la superficie establece una barrera que provoca una reducción de la tasa a la que el agua se evapora desde el suelo. Cuanto más rastrojo haya y cuanto menos se haya movido el suelo, mejor conservación del agua tendremos haciendo que la oportunidad de siembra sea mejor, ya que no habría que esperar que llueva para sembrar. En general, uno puede sembrar cuando quiere sembrar. Asimismo se conserva mejor la reserva de agua del suelo para que sea aprovechada por el cultivo, especialmente en los períodos críticos (Studdert ,2001).

Los residuos de cosecha sombream el suelo y forman una barrera física para evitar la evaporación del agua y se forme un micro- ambiente entre el suelo y la cama, esto disminuye la pérdida de humedad, se reduce la temperatura del suelo y se evitan corrientes de aire sobre la superficie del suelo directamente (FAO [10]).

Al estar cubierto el suelo con el mantillo, los rayos del sol se reflejan evitando que lleguen a la superficie, con lo cual la humedad se conserva más tiempo. Por el mismo efecto la temperatura del suelo es menor que en la superficie desnuda (FAO [10]).

2.2 Tecnología de Implementos para el Manejo de Sistemas de Labranza con Cobertura

Los arados de cincel descompactan el suelo lo que permite una mejor infiltración del agua, dejando la mayor parte de los residuos sobre la superficie, lo que ayuda a reducir la evaporación y erosión, (Buckingham, 1976).

Los cinceles, por su modo de acción, son la herramienta de labranza que más se parece al arado de madera. Al introducir el cincel en el suelo causa la compresión de este. El suelo finalmente escapa hacia arriba dejando una zona de rotura que parte de la punta del cincel aproximadamente en un ángulo de 45° en suelos secos. Por lo tanto, el cincel sirve para roturar el suelo. Los cinceles usados con tracción animal se limitan prácticamente a este tipo de acción. Aplicando velocidades mayores el suelo es también movido a los lados. Esta acción puede ser apoyada por ciertos tipos de punta del cincel. Por esta razón los arados de cinceles para tractores usados a velocidades alrededor de 10 - 12 km/h, tienen una buena acción mezcladora. El impacto del cincel sobre los grumos y los terrones lleva también a una pulverización del suelo. Sin embargo, este efecto no es muy pronunciado en suelos sueltos. Por lo tanto, la repetición de un pase de cincel en suelos sueltos no lleva a una mayor pulverización del suelo. Los cinceles dejan el suelo ondulado tanto en la superficie como en el fondo por la zona de rotura partiendo de la punta en un ángulo de 45° . Por eso se recomienda, para el uso de cinceles en la labranza primaria hacer al menos dos pases cruzados para emparejar el perfil. Las fuerzas que actúan sobre un cincel en el suelo dependen mucho de la forma y sobre todo del ángulo de ataque. Un ángulo de ataque agudo mejora la penetración y reduce la fuerza de tracción. Además mejora el efecto de la roturación y la mezcla del suelo porque lleva una parte del material del suelo de horizontes inferiores hacia arriba. Esta característica puede ser una desventaja en situaciones donde la punta del cincel toca material húmedo de horizontes inferiores y los transporta a la superficie en forma de pequeños cilindros o

terrones que después son difíciles de desmenuzar. Mientras el cincel simple no necesita mucha fuerza de tracción y se presta para la tracción animal, el uso de grupos de cinces para la homogeneización del suelo y la mezcla a altas velocidades está limitado a tractores relativamente potentes. Esto resulta de la necesidad de cubrir con el implemento al menos el ancho del tractor y de usarlo a altas velocidades. Los cinces vibratorios montados sobre resortes sirven generalmente para mejorar la acción de pulverización y para arrancar malezas. Generalmente se usan para la labranza secundaria en profundidades hasta 15 cm, mientras que los cinces rígidos se usan para la labranza primaria y el subsolado (T. Friedrich; citado por FAO, [5]).

Antes de la labranza primaria previa, algunas veces los residuos vegetales, son desmenuzados o incorporados solos o con fertilizantes y limos, algunos implementos de labranza primaria como el arado de cinces o los subsuelos dejan la superficie del suelo muy rugosa y los residuos vegetales los dejan en la superficie o muy cerca de ella, lo contrario del arado de rejas, el cual deja una superficie muy nivelada y cubre los residuos vegetales (new holland 2001).

La labranza con residuos es cualquier sistema de laboreo que incluya el uso de implementos que remuevan los residuos vegetales en toda la superficie del suelo, antes de sembrar con implementos de labranza, tales como arados de cinces, arados de cuchillas, rodillos dentados o cultivadoras para campo abierto, por lo menos el 30 % de la superficie del suelo debe estar cubierta con rastrojo antes de la siembra (new holland 2001).

Otra definición de labranza conservacionista con el uso de arados de cinces es "cualquier sistema de labranza o siembra que mantenga al menos 30% de la superficie del suelo cubierta con residuos después de la siembra, para reducir la erosión hídrica" (Unger *et al.*, 1995).

Los arados de cincel para la labranza primaria existen tanto para tracción animal con un máximo de tres cinceles o para tractores. Son usados para roturar y en el caso del tractor - mezclar la capa arable. Según el tipo de suelo y el efecto deseado pueden ser equipados con una variedad de rejas. Sin embargo para esta labor normalmente se usan rejas angostas. Existen también los cultivadores con cinceles rígidos para la labranza secundaria y el deshierbe, para tracción animal con hasta cinco cinceles y para tractor. Las rejas en este caso son más anchas como pata de ganso o alas abiertas con anchos de hasta más de 1 m para el control superficial de malezas en zonas áridas (FAO,[5]).

Los cinceles vibratorios son tanto para tracción animal como para uso con tractor. Las formas más pesadas se usan para mezclar el suelo, las más livianas para la labranza secundaria, la preparación de la cama de siembra y el deshierbe (FAO,[5]).

Los rodillos desterronadores se usan para desmenuzar terrones. Existen en forma de rodillos para uso separado o en combinación con otros implementos como arados o cultivadores de cincel para pulverizar y recompactar la superficie de una cama de siembra. Sobre todo en los suelos pesados es recomendable pasar un rodillo desterronador inmediatamente después del arado para desmenuzar los terrones húmedos antes que se vuelvan secos y duros (FAO,[5]).

Los implementos tradicionales combinados con residuos de cosecha; por ejemplo: un arado de cincel en el frente del tractor y una combinación para la preparación de la cama de siembra y la sembradora detrás; o un arado de cincel corto, una rastra giratoria y la sembradora detrás del tractor. En este caso todos los implementos son simples y se combinan solamente para esta operación (FAO,[5]).

La labranza vertical se refiere a un sistema donde toda la tierra está preparada con implementos que no invierten el suelo y causan poca compactación. Por lo tanto, el suelo queda normalmente con una buena cobertura de rastrojo de más de 30% sobre la superficie. Los implementos más comúnmente utilizados son el arado de cincel, la cultivadora de campo y el vibrócultivador (Steiner *et al*, 1994).

En la labranza reducida con cinceles consiste en dos pasadas del arado cincel o del cultivador de campo y luego la siembra. Normalmente una pasada con el arado cincel no afloja todo el terreno. Las ventajas son aumenta la infiltración de la lluvia especialmente en suelos susceptibles a la compactación y el endurecimiento. Normalmente con este sistema queda una cobertura de rastrojos mayor del 30%, por lo que el sistema es considerado conservacionista y da protección al suelo contra la erosión (FAO, [8]).

La eficacia operativa del sistema de labranza vertical es más alta que la de labranza convencional, sobretodo debido a que el vibrócultivador trabaja con mayor velocidad y tiene mayor ancho de trabajo que la rastra de discos. Por consiguiente es posible preparar entre 50 hasta 80% más de superficie por día (Cook y Lewis, 1989).

En labranza primaria para el cultivo de verano se recomienda el uso del arado cincel tipo rastrojero es decir, un arado cincel con discos cortadores de rastrojo delanteros con puntas rectas de aproximadamente 4 a 5 cm de ancho. Los brazos debe ser distribuidos sobre cuatro barras para reducir las posibilidades de atascamiento y el tractor debería avanzar con una velocidad de

6 a 9 km/h Por lo general se necesitan 9 a 12 hp por cada cincel (Barber *et al.*, 1993).

Se recomienda trabajar con el arado cincel rastrojero cuando el suelo esté friable, lo que corresponde a un contenido de humedad entre seco y ligeramente húmedo. En esta condición el suelo se desagrega fácilmente y los cincelos romperán los terrones por su acción vibratoria. Además controlará las malezas. Si el contenido de humedad del suelo es demasiado alto, el suelo es más plástico, y los cincelos sólo producirán hendiduras sin desagregar los terrones y sin controlar las malezas. En cambio si el suelo está muy seco, los terrones estarán muy duros y no se desintegrarán (Barber *et al.*, 1993).

Si el suelo es de textura liviana o mediana con síntomas incipientes de compactación, se aconseja una segunda pasada del arado cincel rastrojero de por lo menos 25 cm de profundidad. Es importante recordar que el arado cincel no es un subsolador. Si el suelo está verdaderamente compactado, será necesario descompactar con dos pasadas cruzadas del subsolador. En esta situación no será necesario hacer las labranzas primarias con el arado cincel rastrojero, sino que se harán las labranzas secundarias directamente (Barber *et al.*, 1993).

Las vibraciones del vibrócultivador favorecen el desmenuzamiento de los terrones y el desprendimiento de tierra de las raíces de las malezas. En los suelos livianos y medianos se requieren aproximadamente 6 HP por brazo; para que el tractor funcione en forma óptima, debe trabajar a una velocidad alta, de 8 a 12 km/h; por lo tanto tiene una eficacia operativa mayor que el arado cincel rastrojero. Sin embargo, debido a la falta de discos cortadores delanteros, se pueden encontrar problemas de atascamiento cuando hay grandes cantidades de malezas o rastrojos (Barber *et al.*, 1993).

Para la labranza secundaria se recomienda el uso del vibrócultivador que reemplaza con ventajas a la rastra liviana de discos en la preparación de la cama de siembra. El vibrócultivador consta de brazos vibratorios, espaciados a unos 10 cm y montados en cuatro barras. En el caso que haya bastante rastrojo y/o malezas, se recomienda aumentar la distancia entre los brazos hasta 15 cm para reducir los riesgos de atascamiento. Se deben usar puntas rectas de unos 3,5 cm de ancho o, si no hay grandes cantidades de rastrojo, puntas dobles la profundidad del trabajo aconsejable es de 8-10 cm. Es muy importante hacer estas labranzas con una alta velocidad de 8-12 km/h, para optimizar las vibraciones que sueltan las malezas y desmenuzan los terrones grandes. La acción vibratoria deja los terrones grandes en la superficie, que resiste mejor la formación de costras, y deja agregados más pequeños en la parte inferior, lo que facilita la germinación de las semillas; El vibrócultivador funciona bien en suelos friables, provocando un buen desmenuzamiento de los terrones, pero con terrones grandes y en condiciones secas, causa muy poca desagregación. Bajo estas condiciones podría ser necesario hacer una pasada con la rastra liviana de discos con discos de no más de 22 pulgadas de diámetro (55 cm) para desmenuzar los terrones más grandes, Para suelos pesados se recomienda dos pasadas con el arado cincel rastrojero con puntas rectas hasta 10 a 15 cm de profundidad. Seguidamente se hará una pasada del vibrócultivador con puntas rectas hasta 8 a 10 cm de profundidad con un doble rodillo tipo helicoidal o canasta detrás. Concluidos estos pasos el terreno estará pronto para la siembra (Barber *et al.*, 1993).

Cada implemento tiene un rango de velocidad en el cual el resultado del trabajo es el mejor: para arados de vertedera cilíndrica y vertical son velocidades bajas, hasta 4 o 5 km/h; para vertederas helicoidales e inclinadas puede ser hasta 10 km/h. Sin embargo, a más alta velocidad el arado pulveriza demasiado el suelo

y lo tira demasiado lejos. Al contrario, el arado de cincel y la rastra de púas solo trabajan bien con velocidades comprendidas entre 8 y 12 km/h porque desmenuzan y mezclan los grumos por impacto. Por otro lado la rastra de púas o la de disco usadas con tracción animal no tienen tanto un efecto de pulverización sino solamente de nivelación (FAO,[4]).

Con el aumento de la velocidad de labranza hay un aumento exponencial de la fuerza de tiro y por lo tanto de la energía necesaria. Esto se refleja en el consumo de combustible del tractor y así en los costos operativos. Por esta razón el aumento de velocidad no es la manera adecuada para aumentar el rendimiento de una operación de labranza: con la doble velocidad (8 km/h en vez de 4 km/h) se duplica el rendimiento pero se necesitan cuatro veces más energía y combustible (FAO,[4]).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El equipo empleado para el desarrollo de este trabajo se menciona a continuación

3.1 Fuente de Potencia: Tractor



Fig. 1 tractor 5010 4WD

- New Holland 5010 4WD
- Potencia al motor: 70 hp
- Potencia a la TDF 63 hp
- Motor 4 cilindros
- Dirección hidrostática
- TDF independiente 540 rpm

- Válvula de control remota sencilla
- Capacidad de levante 1835 Kg
- Transmisión semi – sincronizada 8x2
- Potencia a la barra de tiro de 46 hp

3.2 Implemento:

Vibrocultivador



Fig. 2 vibrocultivador NH-700

- Numero de cinceles 7
- Potencia requerida 70-80 hp
- Profundidad de trabajo 280 mm
- Ancho de trabajo 1550 mm

- Enganche 3 puntos categoría II
- Peso aproximado 363 Kg

3.3 Caracterización del Consumo de Energía en el Predio “Buenavista”

3.3.1 Caracterización del Sitio de Evaluación en Campo

3.3.1.1 Tipo de Suelo (Determinación de la textura):

El suelo es una mezcla porosa de partículas minerales y orgánicas, agua y aire. Las partículas sólidas son generalmente pequeñas; pueden estar dispersas o unidas con otras partículas, formando agregados, y constituyen la matriz o esqueleto del suelo.

En la determinación de la textura se utilizó el método del hidrómetro de *bouyoucos*, como primer paso se calibró el hidrómetro, tomando 50 ml de la solución dispersora (hexametáfosfato de sodio), se pasan al cilindro de la sedimentación y se afora a 1000 ml con agua, mezclando con la varilla metálica, luego se introduce el hidrómetro y se toma la lectura R_c y la lectura.

Procedimiento: Se pesa 40 grs. De suelo tamizado y secado a la estufa se transfirieron a un vaso de precipitado, se agregan 50 ml de solución dispersora y agua, se pasa a un vaso agitador y se agita por 5 minutos, luego se pasa la solución al cilindro de sedimentación y se afora a 1000 ml, se agita con una varilla metálica y a los 30 segundos se introduce el hidrómetro y a los 40 segundos, se toma la lectura y temperatura, se deja reposar por un tiempo de 2 horas y transcurrido este tiempo se toma una segunda lectura y temperatura.

Nota: El cilindro de sedimentación se debe colocar en lugar fijo.

3.3.1.2 Contenido de Humedad (%)

Este fue realizado utilizando el método gravimétrico, el principio de este método se basa en la determinación de la masa de agua contenida en la masa de sólidos de una muestra de suelo, este método se considera estándar o de referencia, pues con el se mide directamente el contenido de humedad del suelo, el cual se calcula por medio de la fórmula. $p_w = \left[\frac{PSH - PSS}{PSS} \right] 100$, en donde se tomaron muestras representativas de 50 a 200 gramos con intervalos de 5 cm, 0-5, 5-10, 10-15, 15-20. Las muestras se pesaron con una balanza con una precisión de 0.01 g (PSH), como siguiente paso se llevaron a las estufas a una temperatura de 105 °C, por 24 horas. Pasado este tiempo se retiraron obteniéndose el peso del suelo seco (PSS).

Donde:

Pw = Contenido de humedad (%)

PSH = Peso de suelo húmedo (g)

PSS = Peso de suelo seco (g)



Fig. 3 Extracción de muestras para determinar humedad

3.3.1.3 Densidad Aparente (g/cm^3)

La densidad aparente (D_a), es la relación entre la masa de los sólidos y el volumen total que estos ocupan, es decir, se incluye espacio poroso existente entre las partículas sólidas. En la determinación de la densidad aparente (D_a), se utilizó el método de barrena de volumen conocido o extractor de núcleos, las muestras se determinaron a 5, 10, 15, 20, 25 centímetros de profundidad, como primer paso fue seleccionar al azar los sitios de muestreo sin disturbar; inmediatamente después se prosiguió a sacar las muestras, pero al momento de extraer dichas muestras el terreno se encontraba sin humedad lo que dificultó la extracción de las mismas, se recurrió a agregar agua en dichos sitios seleccionados para facilitar la extracción; se fueron colocando uno a uno los cilindros en la barrena para la extracción de los núcleos a diferentes

profundidades, teniendo cuidado de no disturbar dichas muestras, y con una navaja de tamaño medio se dejaron al ras el suelo contenido en el cilindro (interior), al momento que se iban obteniendo las muestras se pesaron y marcaron para luego ser identificadas, se colocaron en una estufa a 105 °C, por un período de 24 horas, pasado el tiempo, se retiraron de la estufa y se volvieron a pesar de nuevo, teniendo estos datos se prosiguió pesar los cilindros sin suelo, además de medir el volumen de la barrena (cilindro interior) $A \times h = V_t$ para realizar el destare en cada una de las muestras obtenidas y así utilizar la formula de $Da = \frac{m_t}{V_t}$,

Donde :

Da = Densidad aparente (g /cm³)

V_t = Volumen total del cilindro (cm³)

A = Área del cilindro (m²)

h = Altura del cilindro (cm)

m_t = Masa total del cilindro (g)



Fig. 4 Barrena de volumen conocido o extractor de núcleos

3.3.1.4 Cobertura Vegetal (%)

En la realización de esta prueba se utilizó un marco (fig.5) de 1 m² con un arreglo matricial de 10x10 cm cada uno, por lo que cada cuadrado representa un 1 %, se tomaron lecturas en base al porcentaje de vegetación que cubría dichos cuadros de 10 cm², esta prueba se realizó por cada parcela con tres repeticiones; posteriormente la cobertura fue recogida de cada punto y se pesó, en donde la cobertura fue llevada al laboratorio a secar en una estufa con circulación de aire caliente durante 96 horas a 70 – 75 °C



Fig. 5 Medidor de cobertura**3.3.1.5 Densidad de Cobertura (ton/ha)**

En la determinación de la densidad de cobertura se llevo a cabo antes del paso de implemento, con el objetivo de saber cual era la cantidad de cobertura como materia seca, que se encontraba por cada metro cuadrado de la parcela puesta en practica, en la determinación del mismo se utilizo un área de un metro cuadrado del mismo medidor de porcentaje de cobertura, en la colocación del instrumento, se llevo a cabo en forma aleatoria del manera de no ocupar ubicaciones previstas, cuando ya se tenia el cuadro de un metro cuadrado sobre la superficie del suelo, con un machete se cortó la cobertura hasta los limites del mismo cuadro a manera de que se tuviera toda la cobertura dentro del mismo, la cobertura que se obtuvo en cada muestreo fue colocada en bolsas de plástico marcadas, para luego ser identificadas, terminado esto todas las muestras fueron llevadas a una estufa de aire caliente por un tiempo de 96 horas 70 – 75 °C, a manera de eliminar toda la humedad posible, las muestras fueron colocadas en bolsas de papel (al momento de colocarlas en la estufa), terminado el tiempo de exposición de las muestras, se procedió a pesar y con esto a realizar los cálculos correspondientes para determinar la cantidad de cobertura por unidad de superficie que se encontraba al inicio de paso del implemento.



Fig. 6 Medidor de densidad de cobertura

3.3.1.6 Medición del Microrrelieve (SD)

En la determinación del microrrelieve se realizaron las mediciones en la parcela donde se estableció el experimento antes y después de realizar los pasos con el vibrócultivador, el objetivo de conocer el microrrelieve antes del paso del implemento fue tener la referencia para después, volver a tomar las mediciones sobre los mismos puntos, con esto realizar una comparación y cuantificar el efecto del implemento, en si hubo o no cambio en la densidad del suelo, como también la desviación estándar como un indicador de rugosidad; En la determinación del mismo, se llevo a cabo con un instrumento llamado perfilómetro formado de una estructura metálica rectangular de 2 metros de ancho por 4 metros de largo, con

espaciamientos de 20 centímetros, en su parte mas larga; formada de una serie de varillas graduadas de centímetro en centímetro de 60 cm de longitud por 7 mm de diámetro, ensambladas en un bastidor de aluminio con espaciamientos entre varilla de 10 centímetros; Primeramente este se ensambla, teniendo cuidado de no armarlo cerca del sitio donde se realizará las mediciones del mismo, finalizada esta parte se selecciona al azar el primer punto de medición (inicio sin labor), seleccionado el punto de muestreo se coloca el perfilómetro cuidando de ubicar un punto de referencia en cada uno de los limites extremos de las parcelas a medir (estaca), a fin de regresar después del paso del implemento al mismo sitio, y haciendo uso de un nivel ya sea de gota o manguera se nivela y se marca en la estaca la altura de nivelación (realizar croquis de los puntos muestreados), después de haber terminado con la nivelación se prosigue a la toma de lectura en el bastidor y varillas ensambladas, este se realiza en la parte superior del bastidor ya sea por reconocimiento de las graduaciones en cada una de las varillas o si no se tiene la destreza con ellas se puede también medir con una cinta métrica; después de haber realizado el paso del implemento, se vuelve a realizar las mediciones en los mismos sitios donde se inicio con el primer punto, terminado esto se realizan los análisis correspondientes del trabajo (antes y después de la labor) ecuación, propuesta por Koipers (1959):

$$Dr = \frac{Wsuelo}{(Up + hi) * ai}$$

Donde:

Dr = Densidad después de la labor (g/cm³)

W suelo = Peso del suelo (ton)

Up = Diferencia entre los puntos del microrrelieve tomados antes y después de realizar la labor (m)

h_i = Altura de referencia (m)

a_i = Área de referencia (m^2)

La altura de referencia se toma siempre como un metro, al igual que el área de referencia. A este dato de la densidad se le resta a la densidad inicial, con esto podemos determinar la alteración de densidad que sufre el suelo con cada implemento utilizado en las labores agrícolas.



Fig. 7 Medición del microrrelieve antes y después de la labor (perfilómetro)

3.3.1.7 Determinación de la Resistencia a la Penetración (Kpa)

En el cálculo del índice de cono se midió usando un penetrómetro conectado a un dinamómetro, el cual en la medición del mismo se utilizó un paquete computacional (daq view), que registro la dureza del suelo expresado en como fuerza por cm^2 , el índice de las mismas condiciones del suelo varía con el ángulo de la punta y el área de la base del cono. El ángulo de la punta y el diámetro de la base fueron especificados, la fuerza de la penetración fue continuamente medida y registrada en graficas a lo largo y ancho de la parcela

puesta en practica, cinco mediciones fueron tomadas en sitios al azar. Para la obtención de los datos se empleo un sistema de conversión analógico digital citado por (Moo, 1999); que se ilustra en la fig.13.

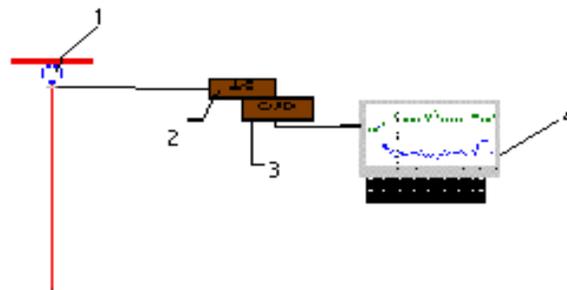


Fig. 8 Determinación de la resistencia a la penetración

1. Penetrómetro con transductor (Dinamómetro)
2. Amplificador- acondicionador (DBK -16)
3. Convertidor analógico digital
4. Computadora personal

3.3.1.8 Ancho de Trabajo (m)

En la determinación del ancho de trabajo se calculó al final de la prueba, es decir la medición total de todas las vueltas (ida y regreso), realizadas durante la

prueba divididas entre ese mismo número de vueltas y nos resulta el ancho promedio de trabajo del implemento, teniendo el cuidado de realizar las mediciones en el centro del primero y ultimo cincel de los lados extremos del implemento.

3.3.1.9 Profundidad de Trabajo (m)

En la medición de la profundidad de trabajo se midió con una regla graduada en milímetros, y con un nivel de gota este se tomo a partir de una porción sin trabajar, con una regla mas larga (sin graduaciones), esta se coloca en la parte sin trabajar y por encima de la regla mas larga se coloco el nivel para que esta se mantuviera lo mas horizontal posible, y en donde paso el implemento este se extrajo toda la tierra hasta la parte mas firme del suelo terminado esto se prosiguió a medir la profundidad de trabajo en donde se obtuvieron 4 repeticiones por cada parcela trabajada (sumar y sacar medias).

3.3.1.10 Velocidad de Trabajo (km/hr)

La velocidad de trabajo se calculó el tiempo que tomó laborar una distancia de 20 metros, clavando cuatro estacas en las esquinas de la parcela para formar un rectángulo como se muestra a continuación en la figura 9 , las lecturas no

deben ser tomadas durante los primeros cinco surcos o cerca del inicio o del final de un surco. Fuente RNAM, 1983

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

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

Donde:

V = Velocidad (km/hr)

d = Distancia recorrida (m)

t = Tiempo en recorrer 20 m distancia (seg)

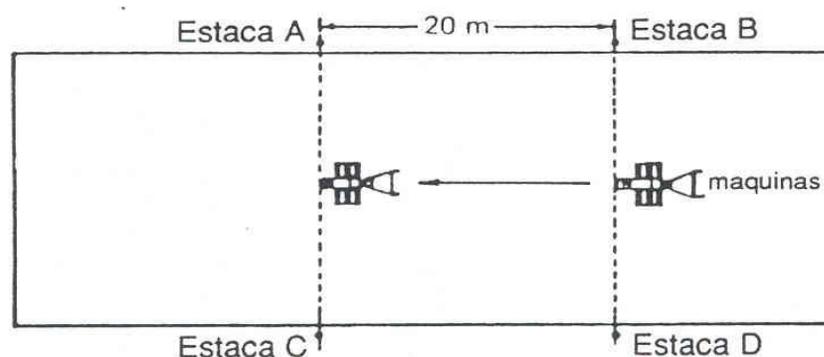


Fig. 9 Determinación de la velocidad de trabajo;(km/h) Fuente RNAM, 1983

3.3.1.11 Patinaje de las Ruedas (%)

El tractor produce patinaje en cualquier operación de campo. La distancia que un tractor se mueve en un número de revoluciones de la rueda motriz se

reduce cuando las ruedas patinan, sin embargo la distancia recorrida por el tractor en un número dado de vueltas aumenta en pocos casos cuando el implemento montado empuja el tractor, un método simple utilizado aquí en este trabajo fue el de calcular la cantidad de patinaje es haciendo una marca en la rueda tractiva del tractor y midiendo la distancia recorrida por el tractor en cinco revoluciones sin carga (A), y en la misma superficie y revoluciones con carga (B). La distancia A es el promedio de varias mediciones hechas con el mismo número de revoluciones con el tractor manejado lentamente, tirado. Situando estacas de apropiada longitud son usadas para marcar el terreno. Formula para el cálculo del porcentaje de patinaje: $PP = \frac{A - B}{A} \times 100$

$$\text{de patinaje: } PP = \frac{A - B}{A} \times 100$$

Donde:

PP = % de patinaje

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

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

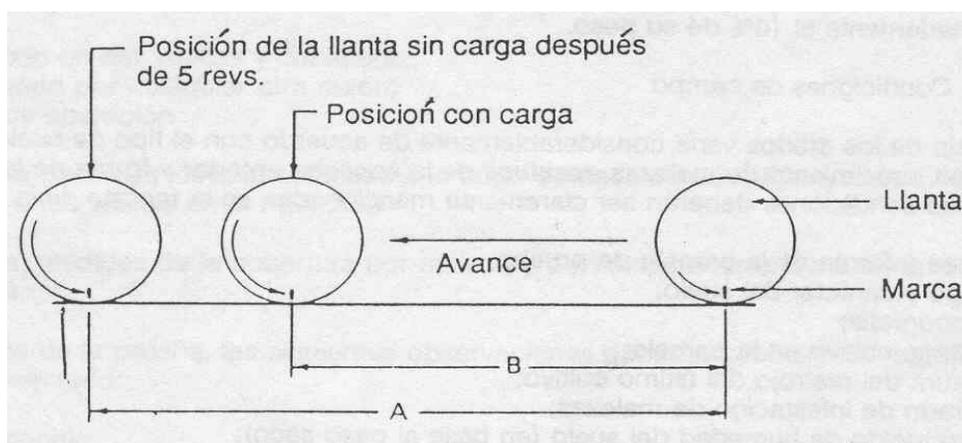


Fig.10 Medición del patinaje

3.3.1.12 Consumo de Combustible (lt/hr)

En la determinación del consumo de combustible se realizó con un recipiente de 5 litros graduado en mililitros, que se conectó en forma directa en la línea de combustible (sistema de inyección), cuidando de no dejar pasar el diesel antes o después de la toma del tiempo de inicio y término de la labor, al inicio del trabajo con el implemento se tomó una referencia en el recipiente, es decir se situó un volumen conocido, y al final de este se volvió a llenar el recipiente con una probeta de 1000 ml, el cual con esta se calculó el volumen consumido por unidad de superficie trabajada.



Fig.11 Medición del consumo de combustible

3.3.1.13 Capacidad Teórica de Campo (ha/hr)

Utilizando los valores promedios del ancho de trabajo y las velocidades de trabajo, tomadas en campo, la capacidad teórica de trabajo es calculada con la siguiente formula (sin tomar en cuenta la eficiencia) :

$$CTC = \frac{(APT).(VP).(36)}{10000}$$

Donde:

CTC = Capacidad teórica de trabajo (ha/h)

APT = Ancho promedio de trabajo (cm)

VP = Velocidad de trabajo (m/seg)

Con el dato de consumo de combustible y la capacidad teórica de campo, se calcula el consumo de combustible por área, con esto podemos saber el consumo de combustible por superficie trabajada.

3.3.1.14 Determinación de la Fuerza de Tiro Requerido por el Implemento (KN)

En la determinación de la fuerza de arrastre o potencia necesaria para la labor fue medida con un dinamómetro con capacidad de 40 kW de tiro, acoplado en el frente del tractor en el cual el implemento es montado al segundo tractor. Otro tractor debe jalar al primero junto con el arado a través del dinamómetro. El tractor auxiliar jala al tractor con el implemento con este último en neutral pero con el implemento en

posición de trabajo. Se tomó las lecturas de la fuerza de tiro y el tiempo requerido para cubrir dicha distancia de la parcela. Para la obtención de los datos se empleó un sistema de conversión analógico digital (Moo,1999) que consta de las siguientes partes que se ilustra en la Fig 13.



Fig.12 Fuerza de arrastre del implemento (vibrócultivador), acoplado al tractor A).- Transductor:

Este es el primer elemento de interés de acuerdo a que propósito es convertir una cantidad física en una señal eléctrica y de su funcionamiento depende la reproducción de la señal analógica. Se utilizó un transductor para la localización de la fuerza de tiro.

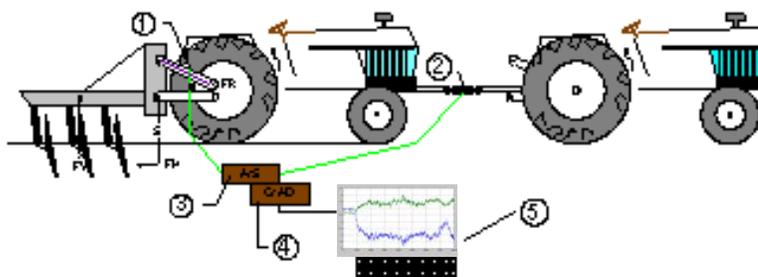


Fig.13 Sistema de conversión analógico digital

- 1.-Transductor dinamómetro axial
- 2.-Transductor dinamómetro de tensión
- 3.-Amplificador- acondicionador (DBK –16)
- 4.-Convertidor analógico digital
- 5.-Computadora personal

B).- Amplificador y acondicionador de señal:

Este elemento consiste en una tarjeta DBK-16 con una ganancia de 10x a 1250x, fabricado por Iotech, Inc. Usada para amplificar la señal del transductor y proporcionar una salida estandarizada de voltaje para así poder enviarla a un convertidor analógico – digital. Provee además el voltaje de excitación al transductor en un rango de 1-10v y 100mA.

C).- Convertidor Analógico:

Se utilizó la unidad de DaqBook 200 de IOtech, Inc. El cual es un modulo que se conecta al puerto paralelo de una computadora y que convierte los valores de voltaje en valores digitales para que puedan ser procesados por la computadora. Este modulo se compone de dos partes, la parte que procesa la información y un banco de baterías que alimenta a la anterior. Este modulo tiene

la capacidad instrumentar 16 canales analógicos con una frecuencia de muestreo hasta de 100 KHz.

D).- Una computadora personal:

Se utilizó una computadora personal Toshiba AMD-K6 (tm) 3D procesador, 32, 0MB de RAM: con Windows 98.

E).- Software:

Se utilizó el programa Daq View 7,11,08 de IOtech, Inc., programa para MS Windows, para la adquisición de datos a través del Daq View 200 y donde posteriormente se guardan en un archivo por medio de la computadora para después ser analizados. Los datos que se obtuvieron durante el proceso fueron analizados con los paquetes de MATLAB, utilizando un programa ANÁLISIS que contiene la transformada de Fourier para el análisis espectral de los datos.

F).- Equipo adicional:

Se utilizarán cables para realizar las conexiones entre los componentes electrónicos, así como fuentes de voltajes, reguladores de voltaje para realizar las prácticas en laboratorio; también cargadores, pilas, convertidores de corrientes entre otros.

3.3.1.15 Tamaño Promedio de Agregados (mm)

El grado de pulverización de los terrones fue medido del tamaño medio de los agregados, esta prueba se realizó después del paso del implemento con una serie de tamices de 100, 50, 30, 20, 10 y <10 mm, los sitios de muestreo se seleccionaron en forma al azar y con un cuadrado de área de 50 cm² se colocó en la superficie del suelo y con una pala se extrajo la mayor parte del suelo hasta la parte donde logro penetrar el implemento, la tierra con los terrones que se extrajo se fueron colocando en la serie de tamices del diámetro mas grande hasta el mas pequeño, los diferentes tamaños de agregados que se fueron quedando en cada una de los tamices se pesaron, para el cálculo de esta variable se realizaron 3 repeticiones por cada parcela.

El tamaño de agregados se calcula por medio de la siguiente ecuación, propuesta por el CENEMA:

$$D = \frac{5(21k + 19j + 17i + 15h + 13g + 11f + 9e + 7d + 5c + 3b + a)}{W}$$

Donde:

D = Diámetro promedio de los agregados (mm).

W = Masa total de la muestra (kg).

k = Peso de los agregados con diámetro > 100 mm.

j = Peso de los agregados con diámetro > 90 < 100mm.

i = peso de los agregados con diámetro > 80 < 90 mm.

h = Peso de los agregados con diámetro > 70 < 80 mm.

g = Peso de los agregados con diámetro > 60 < 70 mm.

f = Peso de los agregados con diámetro > 50 < 60 mm.

e = Peso de los agregados con diámetro > 40 < 50 mm.

d = Peso de los agregados con diámetro > 30 < 70 mm.

c = Peso de los agregados con diámetro > 20 < 30 mm.

b = Peso de los agregados con diámetro > 10 < 20 mm.

a = Peso de los agregados con diámetro < 10 mm.

En el caso, para esta investigación se tuvo que realizar modificaciones de la ecuación, debido a que no se contaba con los tamices que se necesitaban para la utilización de dicha ecuación, por lo que la ecuación corregida se fundamenta de la siguiente manera:

$$D = \frac{5(21k + 16h + 8d + 5c + 3b + a)}{W}$$

Donde:

D = Diámetro promedio de los agregados (mm)

W = Masa total de la muestra (kg)

k = Peso de los agregados con diámetro > 100 mm

h = Peso de los agregados con diámetro > 50 < 90 mm

d = Peso de los agregados con diámetro > 30 < 50 mm

c = Peso de los agregados con diámetro > 20 < 30 mm

b = Peso de los agregados con diámetro > 10 < 20 mm

a = Peso de los agregados con diámetro < 10 mm



Fig. 14 Medición de agregados

3.3.1.16 Índice de Disturbación Energética (ml/m³)

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

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

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

Donde:

V = volumen de suelo trabajado (m³/ha)

10000 = Equivalencia de una hectárea a metros cuadrados (m²)

P = Profundidad de la labor (m).

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

Donde:

CCS = Consumo de combustible por superficie (lt/ha)

GC = Gasto de combustible (lt/hr)

CTC = Capacidad teórica de campo (ha/hr)

Al tener los datos de las ecuaciones 1 y 2, estos se sustituyen como siguen:

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

Donde:

IDE = índice disgregación energética (ml/m³)

3.3.1.17 Determinación del Área y Perfil de Disturbación

En la medición del microrrelieve por debajo de la superficie de trabajo, se utilizó un bastidor igual al del microrrelieve superficial, pero en el caso de este se empleó varillas de metal para poder ser introducidas hasta los límites de trabajo del implemento, en la toma de lecturas se realizó de la misma manera que en el medidor superficial, pero en lugar de tomar 200 datos, se tomaron 60 datos (3 posiciones en 2 metros con espaciamentos de 67 cm entre posición). Al final de cada lectura en la misma posición se tomó la lectura de la profundidad mas alta a la mas baja (2 lecturas), pero estas son tomadas en la superficie del suelo hasta donde alcanzo la mayor profundidad las varillas.

El objetivo de esta medición es conocer el área disturbada por unidad de superficie, como también la cantidad de combustible que se requiere por unidad de volumen disturbado (incluyendo la profundidad que el implemento realiza la labor).

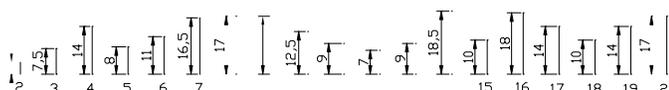


Fig.15

Determinación del área y perfil de disturbación

3.4 Evaluación de la Conservación de Humedad en el predio la “Parcela”

3.4.1 Metodología

Se establecieron cinco tratamientos de 0, 30, 50, 75 y 100 %, de cobertura (rastrojo de maíz), con tres repeticiones, dando como resultado 15 tratamientos, con un tamaño de parcelas de 3 metros de ancho por 3 metros de largo, presentando un espaciamiento entre parcela de 2 metros entre límite y límite de las mismas, para obtener datos confiables, de las variables a medir se empleo un arreglo factorial AxB, con una distribución de bloques al azar, en la cuál los datos se analizaron por fecha de muestreo donde “A” fueron las profundidades y “B” los tratamientos. Se realizó una calendarización del período de lluvias de la zona, así mismo el monitoreo del grado de humedad en las diferentes tasas de coberturas (hasta 20 cm de profundidad en intervalos de 5 cm).

El procedimiento para la medición de las variables para Caracterizar el sitio se realiza también como se describe en el apartado 3.3

3.4.2 Caracterización del sitio de prueba

3.4.2.1 Determinación de la Materia Orgánica (%)

Se peso 1 gramo de suelo secado y cribado, se colocó en un matraz erlenmeyer de 500 ml, se agregaron 10 ml de dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$ 1N, luego se agregaron 20 ml de H_2SO_4 de concentrado ácido sulfúrico, se dejó enfriar y se agregan 200 ml de H_2O destilada (100 ml) y cuatro gotas de indicador ortofenantrolina. Se tituló con sulfato ferroso $FeSO_4$ 1 N, se considera que el $K_2Cr_2O_7$ es 1 N, y el $FeSO_4$ varía su concentración por lo que se procedió a correr un testigo sin suelo para así poder obtener la normalidad del $FeSO_4$.

Donde :

N_1 = Normalidad del $FeSO_4$

V_1 = Volumen de $FeSO_4$ gastado al titular

N_2 = Normalidad del $K_2Cr_2O_7$

V_2 = Volumen del $K_2Cr_2O_7$

Formula para el calculo de M.O.

$\% M. O = ((K_2Cr_2O_7)(N) - (FeSO_4)(N))(.68)$

3.4.2.2 Cobertura Vegetal a utilizar después de la labor de cincelo con el vibrocultivador (mantillo de maíz)

La determinación de la cobertura que se utilizó fue calculada en diferentes porcentajes 30, 50, 75, 100 % , en la cual se instaló un medidor de cobertura de 1m^2 , formando pequeños cuadros de 10 cm^2 , completando un 100 % del total de los cuadros de 10 cm^2 , representando cada cuadro un 1 %. Se utilizó rastrojo de maíz, libre de humedad, seccionándose este con un machete en tramos de 20, 25, 30, 40 cm, estos fueron colocados a manera de completar cada uno de los porcentajes que se utilizaron 30, 50, 75, 100 %, en el caso del primer porcentaje se completo 30 cuadros de 10 cm^2 , que nos represento el 30 %, inmediatamente después que se completaron los treinta cuadros de 10 cm^2 , se pesó y anotó el peso de este, siguiendo con el cálculo se prosiguió con los demás porcentajes, al final de este se realizaron los cálculos para saber la cantidad de rastrojo total a colocar en cada uno de las parcelas del experimento a realizar en campo, finalizado los cálculos se continuo con la distribución del rastrojo en cada una de las parcelas con sus respectivos porcentajes y pesos totales, por ejemplo en el primer porcentaje (30%), el peso fue de 0.60Kg. en un 1 m^2 , si el tamaño de las parcelas utilizadas fue de 3 x 3 metros C/u, realizando esta operación para representarlo en unidad de superficie nos resulta 9 m^2 .

Si en un 1 m^2 \longrightarrow 0.60 Kg. De rastrojo.

9 m^2 \longrightarrow X

X = 5.4 Kg aplicado a 9 m^2 en la parcela de 30 %.

De esta manera se prosiguieron con los demás porcentajes

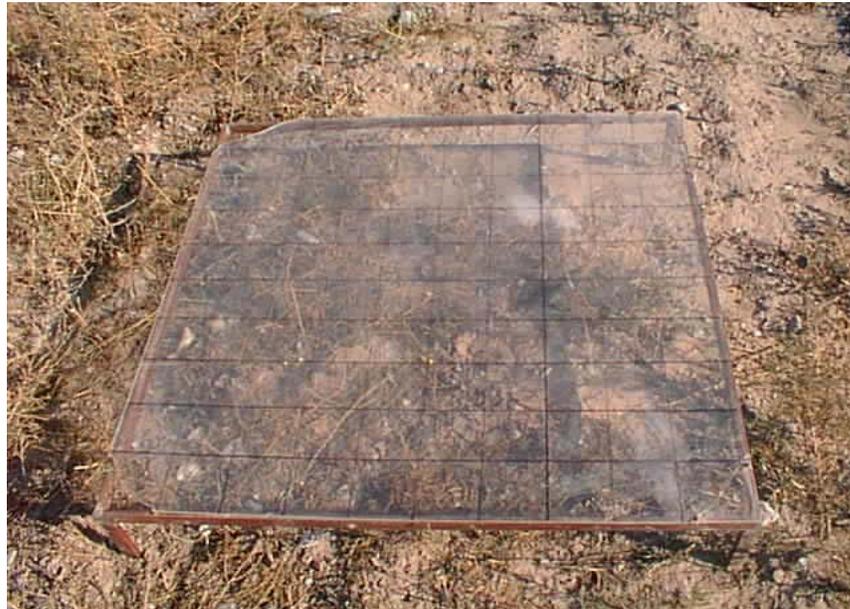


Fig. 16 Medidor de cobertura

3.4.2.3 Monitoreo de la Humedad

El monitoreo de la humedad se realizó en cada tratamiento de cobertura seguido del procedimiento descrito en el apartado 3.3.1.2

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación del Gasto de Energía

Para una mayor comprensión de los resultados obtenidos, estos fueron organizados de acuerdo a los objetivos específicos planteados en la metodología.

Localización y Descripción del Sitio Experimental

(UAAAN) Ubicado a un costado de la ex-hacienda de Buenavista localizado a 7 kilómetros a sur de la ciudad de Saltillo cuyas coordenadas geográficas son 100° 59' 57" longitud oeste y 25° 23' 42" latitud norte, con una altura sobre el nivel del de 1743 metros. 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 extremo. La temperatura media anual es de 19.8 °C, con una precipitación media anual de 455 mm. La evaporación media anual oscila entre los 1956 mm. Los vientos predominantes tienen una dirección noreste, con velocidades de 22.5 km/hr (González, 1999).

➤ Tipo de Suelo

En la caracterización del tamaño relativo de las partículas arenas, limos y arcillas; en base al triángulo de clasificación de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), la textura del área de "Buenavista"

es del tipo Franco o Migajón, con los contenidos de fracciones minerales del 40 % de arena, 36 % de limo y con el 20 % de arcillas.

En donde se encontró un porcentaje de cobertura antes de la prueba del 33 %, el cual corresponde a una densidad de 1.517 ton/ha de materia seca.

➤ Densidad Aparente Antes de la Labor (gr/cm³)

En Fig. 17 se muestra la densidad aparente del perfil del suelo, se puede observar que la densidad aumenta con la profundidad y de manera notoria alcanza su máximo valor a 25 cm de profundidad y luego disminuye un poco; esto sugiere un piso de arado a esa profundidad, debido al sistema convencional de labranza al que esta sometido el terreno anualmente.

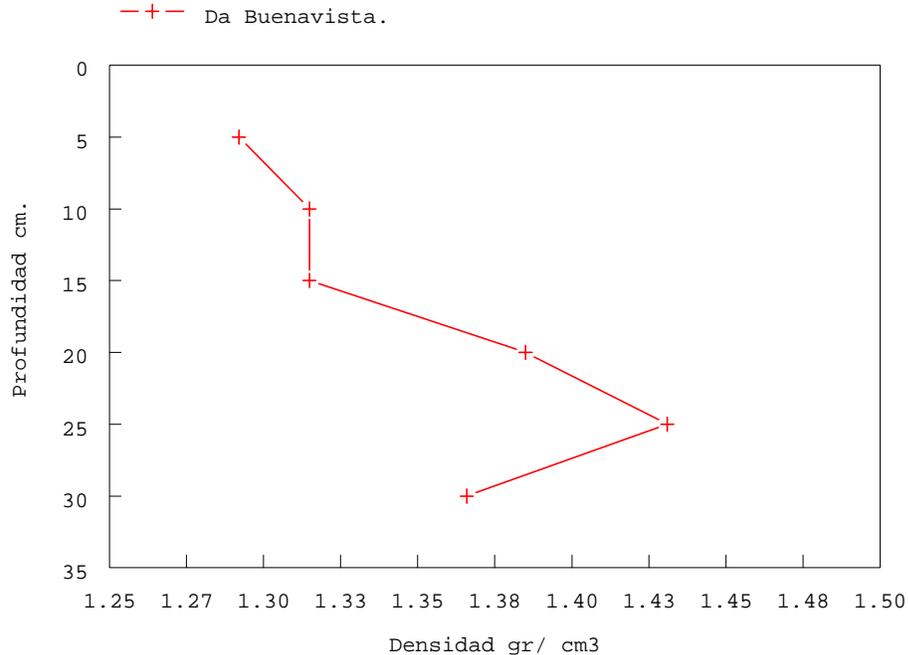


Fig. 17 Valores de densidad en el perfil del suelo en el predio de “Buenavista”

➤ Contenido de Humedad

El contenido gravimétrico promedio al momento de la prueba en el predio de “Buenavista” de 0 – 25 cm fue del 7.35 % de humedad en el perfil; el trabajo se realizó en un estado de constancia de suelo seco.

➤ Resistencia a la Penetración (kpa)

En la determinación de la resistencia a la penetración este fue medido desde la superficie en intervalos de 5 cm hasta alcanzar 22 cm de profundidad; en donde fue comparado con la densidad aparente del mismo sitio de evaluación como se muestra en la Fig. 18

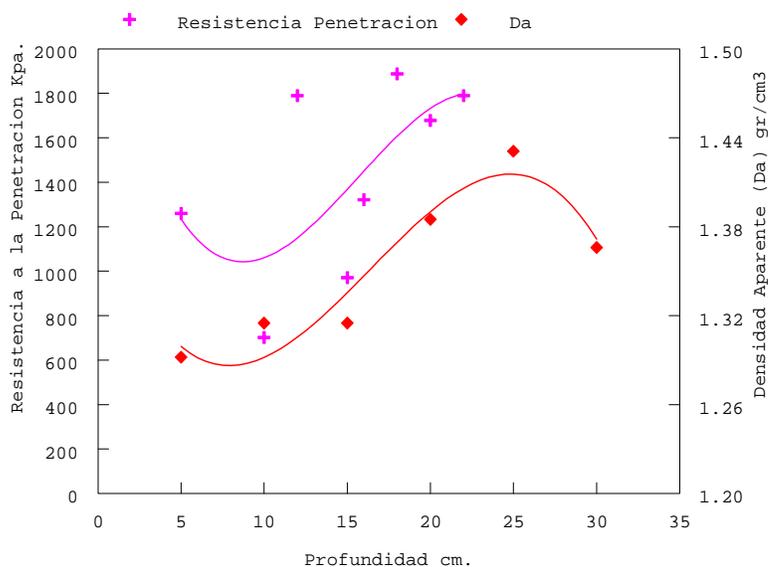


Fig. 18 Comportamiento de la resistencia a la penetración con respecto a la Da Predio “Buenavista”

se puede observar que la resistencia a la penetración, a medida que se encuentra a mayor profundidad esta opone mayor resistencia a ser penetrada, esta propiedad del suelo es muy importante para las plantas y su valor nos proporciona información del impedimento mecánico que tendrán las raíces para crecer, además conviene que la resistencia del suelo a la penetración se mantenga por debajo de 1 Mpa menciona Narro Farias (1994), para el cálculo de la resistencia a la penetración los datos se obtuvieron de los gráficos como el que se muestra en la Fig. 19, en esta se observa que la resistencia a la penetración presenta la misma tendencia a aumentar como los valores de la densidad con un máximo de profundidad de alrededor de 25 cm para luego disminuir, las tendencias se confirman en los datos de las Figuras 18, 19, 20. Lo que sugiere la existencia de un piso de arado en el terreno.

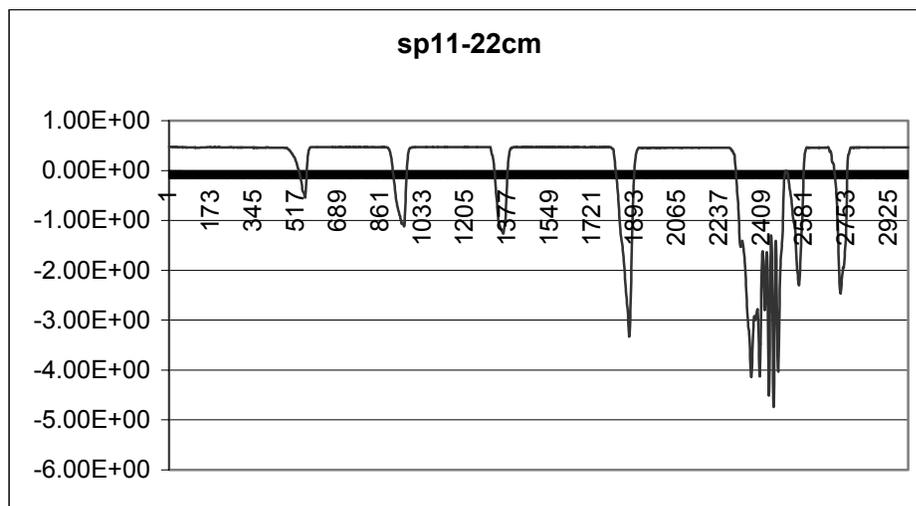


Fig. 19 Comportamiento de la resistencia a la penetración Predio “Buenavista” a 7.35 % de humedad en el suelo

Para el caso de la Da se observó que a mayor profundidad hasta los 25 cm el suelo obtuvo una Da de 1.431 gr/cm^3 , y a los 30 cm de profundidad esta descendió hasta 1.366 gr/cm^3 , lo que nos refleja un piso de arado donde existe una disminución del espacio poroso y un incremento de la compactación – compactación y de la resistencia del suelo a ser penetrado.

➤ Medición del Microrrelieve Antes de la Labor (SD)

El microrrelieve de la superficie fue medido antes del paso del implemento como se muestra en el ejemplo 20

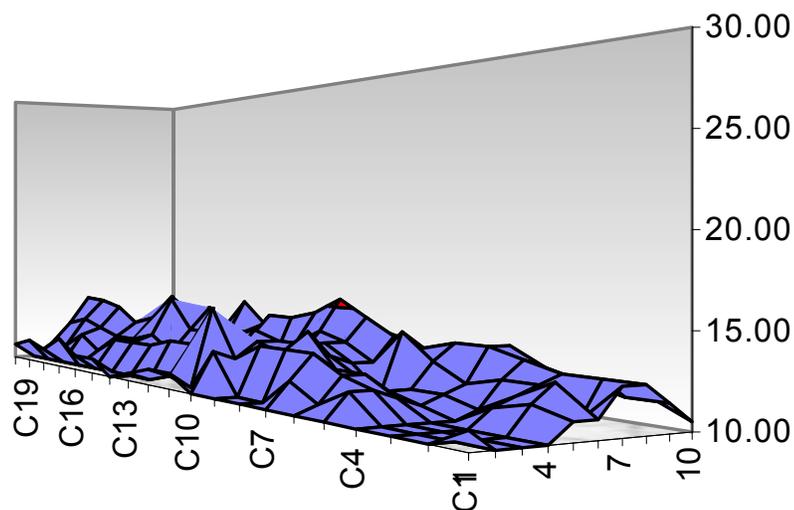


Fig. 20 Microrrelieve antes del paso del implemento predio “ Buenavista” de la parcela 1 repetición 1

Con relación a la medición del microrrelieve antes de la labor el índice de rugosidad representada por su desviación estándar de todas las parcelas que fue de 1.40 cm lo que nos indica que el suelo se encontraba poco rugoso, esta condición nos muestra que las condiciones del este suelo no son las adecuadas para mantener humedad después de un evento de lluvia.

Resultados del Trabajo de Evaluación del Gasto de Energía

En un trabajo previo (Domínguez, 2001) se menciona que al trabajar con el vibrocultivador este tiene ventaja, con respecto al arado de discos en la capacidad efectiva, ya que el vibrocultivador solo requiere el 30 % de tiempo que utiliza el arado. En relación al consumo de combustible con tracción sencilla con el vibrocultivador se ahorra hasta un 40 % comparado con el mismo. Otra ventaja menciona el mismo autor, es la eficiencia debida principalmente al ancho del implemento que es 2.5 veces mayor que el arado, logrando con esto un menor gasto del tiempo por vueltas en las cabeceras. Como menciona también el mismo autor el vibrocultivador es un implemento que ahorra costos de producción ya que reduce el gasto de energía, realizando una labranza vertical sin voltear el suelo, lo que reduce el riesgo de erosión.

Por los antecedentes mencionados y como continuación de la evaluación del desempeño del vibrocultivador el presente trabajo se realizó a partir de la comparación del desempeño del implemento con y sin rodillo. Como se muestran los resultados obtenidos en la Tabla 1.

Tabla 1 Parámetros del desempeño del vibrocultivador con y sin rodillo

De acuerdo con los resultados mostrados del vibrocultivador en la Tabla 1 en relación a la profundidad de trabajo esta es menor con rodillo debido principalmente a que este funcionó como regulador de profundidad, el consumo de combustible en lt/hr se observó que fue mayor sin rodillo en un 40.44 % debido principalmente a la profundidad de trabajo, el patinaje fue mayor con rodillo en un 84.49 %, con relación al volumen de suelo trabajado fue mayor sin rodillo en un 15.23 %, y con respecto a la incorporación de residuos después de la labor no hubo significancia alguna.

En lo que respecta a la fuerza de tiro requerido por el implemento para laborar en las condiciones antes mencionadas que fue de 5.024 kN, estos fueron analizados a partir del comportamiento de las graficas obtenidas en el programa utilizado (Matlab), como se muestran en los ejemplos de las figuras

	CON RODILLO	SIN RODILLO
Ancho de trabajo (m)	1.533	1.533
Prof. De trabajo(cm)	10.500	12.1
Velocidad de trabajo(km/hr)	5.231	5.311
Cons. De combustible (l/hr)	4.107	5.768
Capacidad Teórica de campo (h/ha).	0.802	0.814
Consumo de combustible por sup. (l/ha)	5.121	7.086
patinaje (%)	3.570	1.935
Fuerza de tiro requerido por el imp (KN)	3.555	-----
Volumen de suelo trabajado (m ³ /ha)	1050	1210
Residuos después de la labor (%)	16.5	16.5

21 y 22.

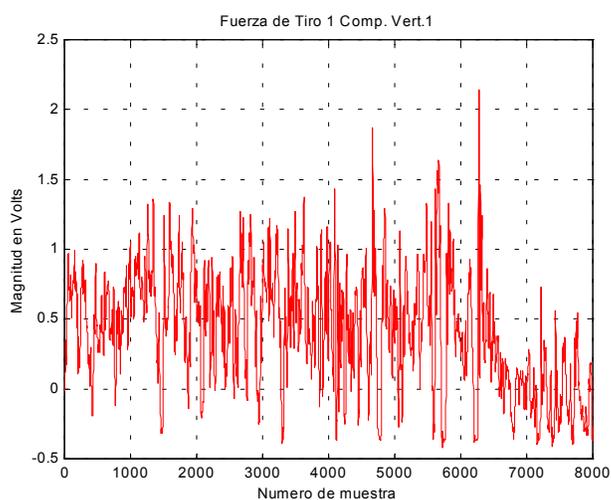


Fig. 21

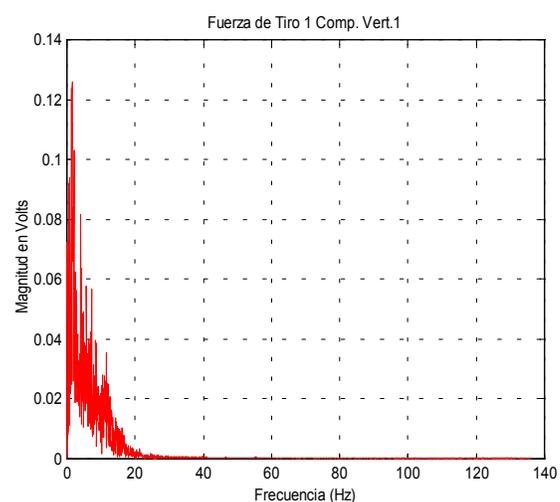


Fig. 22

Comportamiento de las graficas para el calculo de la fuerza requerida por el implemento

Tabla 2 Determinación de la fuerza requerido por el implemento “Vibrocultivador

Implemento	(N)Repetición.	Media (volts)	Pn	Pn+ Media.	Fuerza (Kn).	Fuerza neta requerida kn
Vibró	1	0.515	0.126	0.6413	8.1595	3.7594
	2	0.895	0.224	1.1187	14.2309	9.8308
	3	0.321	0.236	0.5576	7.095	2.6949
	4	0.585	0.213	0.7975	10.146	5.7459

	5	0.39	0.199	0.5886	7.4893	3.0892
	6 Vacío.	0.198	0.147	0.3457	4.4001	

prom de
 fuer= 5.024
 SD= 2.932
 CV= 58.366

Nota: Las repeticiones que van del 1- 5, en la Tabla 2 se realizaron con el implemento trabajando en las condiciones de terreno antes mencionadas, y la 6 (vacío) esta se realizó con el implemento levantado.

➤ Resultados de las Labores Realizadas en Campo

La medición del microrrelieve después de la labor fue como en el ejemplo de la Figura 23

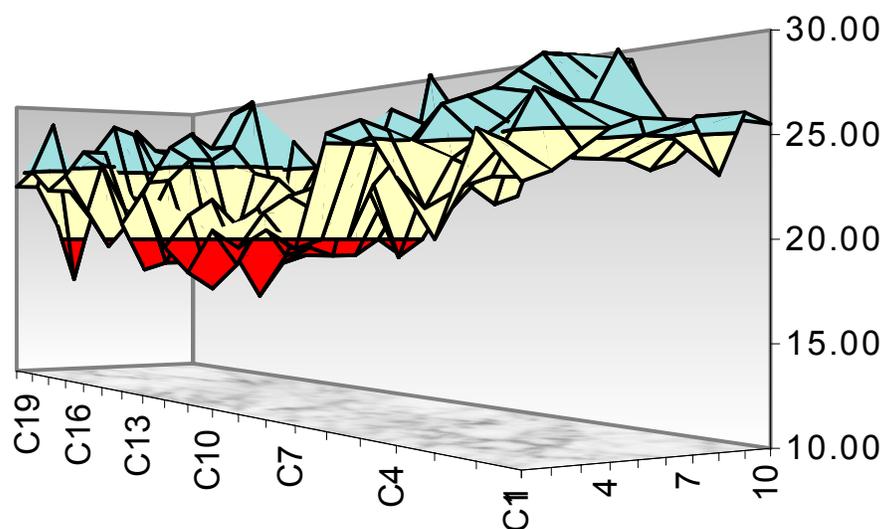


Fig. 23 Microrrelieve después del paso del implemento “Buenavista” de la parcela 1 repetición 1

En relación a la medición del microrrelieve después de la labor el índice de rugosidad tomada con la desviación estándar con un resultado de 3.16 cm, comparado con el de 1.40 cm antes de la labor nos indica que existió un aumento en la rugosidad de la superficie es decir el vibrocultivador crea condiciones apropiadas para retener humedad y evitar escorrentía lo cual disminuye el acarreo del suelo por efecto de las lluvias (erosión).

En la tabla 3 Se muestran los resultados tecnológicos después de la labor

VARIABLES	CON RODILLO	SIN RODILLO
Tamaño promedio de agregados (mm)	8.280	12.992
Índice de disturbación energética (ml/m ³)	4.877	5.856
Densidad aparente después de la labor (gr/cm ³)	1.32	1.26
Índice de Rugosidad (cm)	2.67	2.86
Determinación del área de disturbación (ml/m ²)	0.860	1.124
Determinación del esfuerzo unitario a la falla (KN/m ²)	31.211	26.218

En lo que respecta al tamaño promedio de agregados se observó que con la utilización del rodillo se puede tener agregados mas pequeños hasta en un 56.90 %, esto beneficiaria para lograr una mejor cama de siembra, principalmente para cultivos de semillas pequeñas. En general con el vibrocultivador se logran menor tamaño de agregados comparados con el tamaño de 20 y 53 mm producidos por el arado de discos y multiarado reportados por Pérez (2003).

En relación al índice de disturbación energética se observó un mayor consumo de energía por unidad de volumen de suelo disturbado sin la utilización del rodillo hasta en un 16.71 %, la causa principal observada de tal resultado fue que el implemento obtuvo una mayor profundidad de trabajo, sin embargo comparado con la energía utilizado por otros implementos de labranza como el arado de discos y el multiarado utilizado en el mismo sitio experimental por Pérez (2003), el vibrocultivador utiliza menos energía para mover el suelo en un 55 % menos que el arado y 21 % menor que el multiarado.

La densidad aparente después de la labor se pudo observar una disminución no muy significativa respecto como se encontraba al inicio de la labor, pero en relación con el aditamento utilizado y no utilizado (rodillo), se observó una disminución del 4.5 % sin rodillo, esta causa se presentó principalmente a que el rodillo al momento de ir rompiendo los agregados que fueron dejando los cinceles a su paso este compacto ciertas áreas donde se encontraban dichos agregados.

El índice de rugosidad reportado en la Tabla 3 se observó un cambio de hasta de un 7.11 % de aumento sin la utilización del rodillo, esto se dio principalmente a que los cinceles fueron dejando los agregados y superficie del suelo sin compactación alguna.

En la determinación del área de disturbación como se muestra en la tabla 3 se observó un mayor gasto de energía (diesel) hasta en un 30 %, sin la utilización del rodillo.

En lo que respecta a la determinación del perfil de disturbación en la cual interviene la fuerza requerida por el implemento (KN), el ancho promedio de trabajo (m) y la profundidad promedio de trabajo (m), se observó un incremento del 19.04 % de fuerza requerida con la utilización del rodillo.

Resultados de la Conservación de Humedad en el Predio del Ejido la “Parcela”

En un estudio previo (Domínguez, 2001) se evaluó la retención de humedad en el campo comparando las labores de arado y vibrocultivador sin cobertura, los resultados no mostraron diferencia significativa pero tomando en cuenta que con el vibrocultivador se puede dejar cobertura sobre el terreno, se plantea como continuación del proyecto, evaluar la retención de humedad a diferentes coberturas después de la labor del vibrocultivador.

➤ Localización y Caracterización del Sitio de Evaluación

El sitio experimental se localiza en los límites de Saltillo con General Cepeda, dentro del ejido la Majada ubicado a 30 kilómetros de la ciudad de Saltillo en el kilómetro 35 de la carretera Saltillo – Torreón, en las coordenadas 101° 21' , longitud oeste y 25° 27' latitud norte. La vegetación es escasa y corresponde al tipo matorral espinoso, las plantas son fundamentalmente resistentes a la sequía tales como biznagas, lechuguilla, gobernadora, mezquite y nopal. El clima que se registra es el subtipo seco templado, la precipitación es escasa y se encuentra entre 300 y 400 mm anuales. Los vientos predominantes tienen dirección sur con velocidades de 18 a 15 km/ hr. El uso del suelo de la zona es únicamente para agricultura de temporal y pastoreo de ganado bovino, caprino, equinos etc (Mapa INEGI; 2003)

➤ Tipo de Suelo

En la caracterización del tamaño relativo de las partículas arenas, limos y arcillas; en base al triángulo de clasificación de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), la textura del área del predio “La Parcela” es de tipo Franco Arcillo – Limoso con los contenidos de fracciones minerales del 20 % de arena, 48 % de limo y con el 32 % de arcillas. En donde se encontró un porcentaje de cobertura antes de la prueba del 0 %, en donde se realizó un análisis de materia orgánica en el perfil del suelo resultando un 2.17 %, catalogado como un suelo medianamente rico.

➤ Densidad Aparente (gr/cm³)

En lo que respecta a la Da del predio del ejido “La Parcela” fue tomado de 5 –20 cm, como se muestra en la Fig. 24, donde se observa que la densidad aumenta con la profundidad.

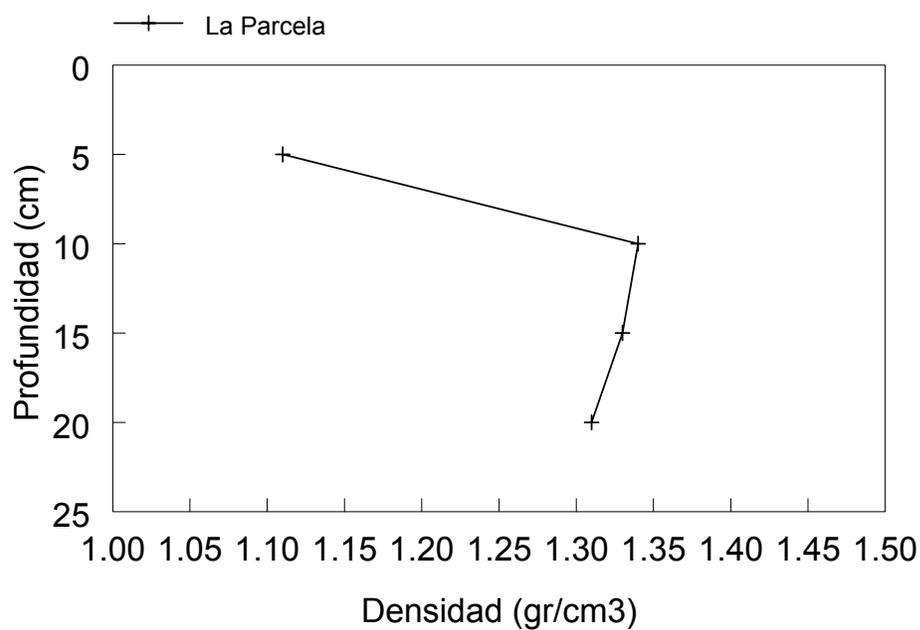


Fig. 24 Comportamiento de la Da del Ejido del predio “La Parcela”

➤ Medición de Microrrelieve Antes de la Labor (SD)

El microrrelieve de la superficie fue medido antes del paso del implemento como se muestra en el ejemplo de la Fig. 25

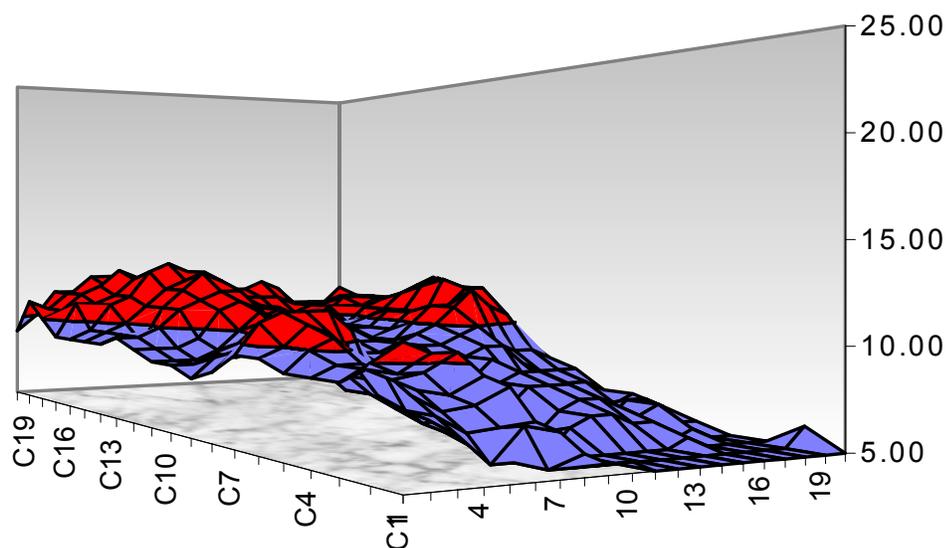


Fig. 25 Microrrelieve antes del paso del implemento del Ejido del predio “La Parcela” parcela 1 repetición 2

El índice de rugosidad caracterizado por medio de la desviación estándar de todos los puntos fue de 2.37 cm lo que nos indica que el suelo se encontraba con cierta rugosidad, es decir cuando un suelo se acerca mas a valores bajos en cuanto a su rugosidad, la superficie del suelo permite un mayor escurrimiento provocando con esto una mala infiltración en el perfil del suelo como el acarreo de las partículas del mismo.

➤ Medición del Microrrelieve Después de la Labor (SD)

Las graficas del microrrelieve después de la labor se muestran a continuación en el ejemplo de la Figura 26, donde se puede ver que hubo un

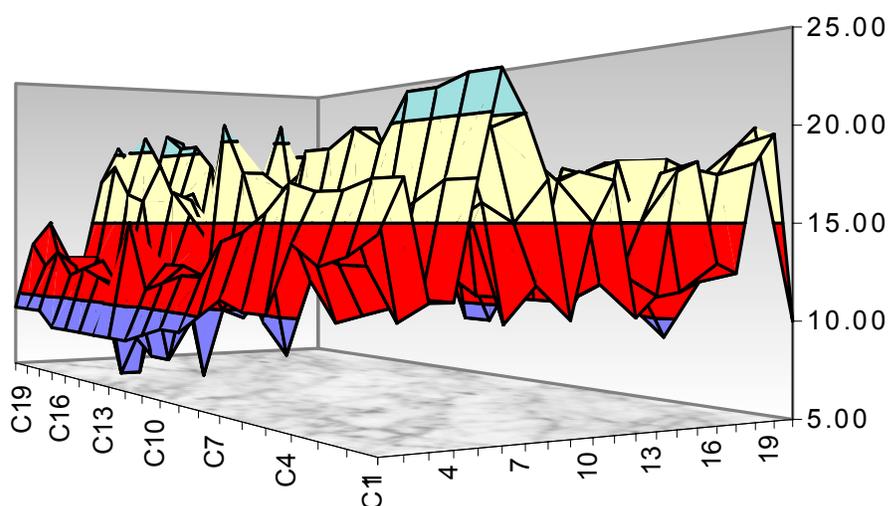


Fig. 26 Microrrelieve después del paso del implemento del Ejido del predio “La Parcela” parcela 1 repetición 2

Incremento en el índice de rugosidad medido por su desviación estándar lo que resulto 3.28 cm esto indica que existió un aumento en la porosidad, y condiciones apropiadas para retener humedad, como también en la disminución del acarreo del suelo por efecto de las lluvias (erosión).

La comparación del índice de rugosidad y de la densidad antes y después de la labor del vibrocultivador se muestra en la tabla 4, el resultado de la labor fue uniforme en el terreno que fue utilizado para el experimento de retención de humedad.

Tabla 4 Índice de rugosidad y densidad aparente antes y después del paso del implemento (vibrocultivador)

Variable	Antes	Después
Ind. de Rugosidad (cm)	2.37	3.28
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.27	1.03

4.1.2 Monitoreo de la Retención de Humedad a Diferentes Coberturas (% de mantillo de maíz)

La Fig. 27 muestra los resultados de las variables medidas con los datos tomados en campo de los promedios de humedades en el perfil del suelo de las coberturas utilizadas durante la prueba.

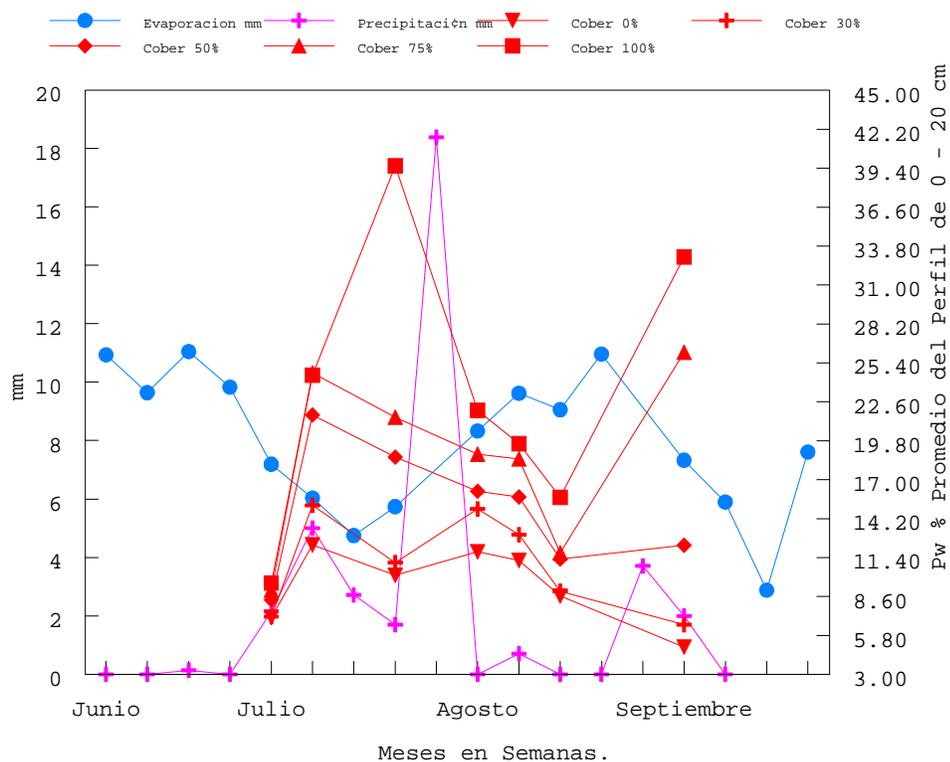


Fig. 27 Comportamiento del contenido de humedad promedio en el perfil del suelo con coberturas en las diferentes fechas de muestreo del ejido del predio “La parcela”

Se puede ver que la retención en promedio de humedad como es lógico se obtuvo siempre en la cubierta del 100 % , sin embargo un promedio de humedad en el perfil es poco descriptivo y es importante analizar también la distribución en el perfil para conocer si las diferencias de retención de las diferentes coberturas son significativas las Figuras 28,29 y 30 son ejemplos del comportamiento de las humedades en el perfil del suelo, con sus respectivos tratamientos de cobertura (al inicio, mitad y final del periodo del monitoreo de la humedad).

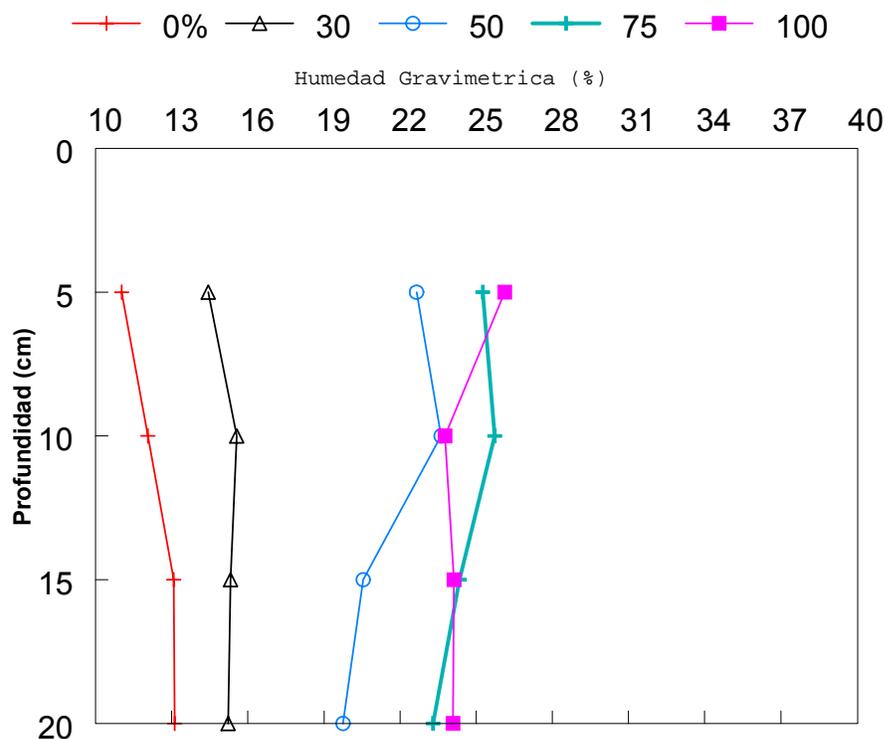


Fig. 28 Comportamiento de la humedad en el perfil del suelo con sus respectivos tratamientos de cobertura muestreo del 11 de julio de 2002

En general se observa que para los tratamientos de 75 % y 100 %, las diferencias en los puntos no sobrepasan valores mayores al 5 % con excepción de los valores a la profundidad de 15 cm, en la Figura 30 y del inicio a la mitad del monitoreo el tratamiento de 50 % de cobertura no presenta grandes diferencias respecto de los dos tratamientos mencionados, pero al final del periodo estos se incrementan notablemente

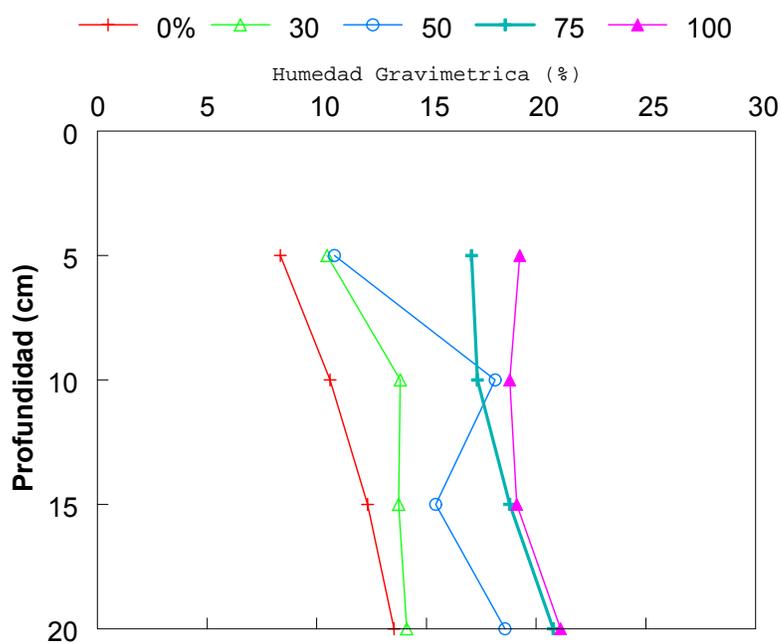


Fig. 29 Comportamiento de la humedad en el perfil del suelo con sus respectivos tratamientos muestreo del 13 de agosto de 2002

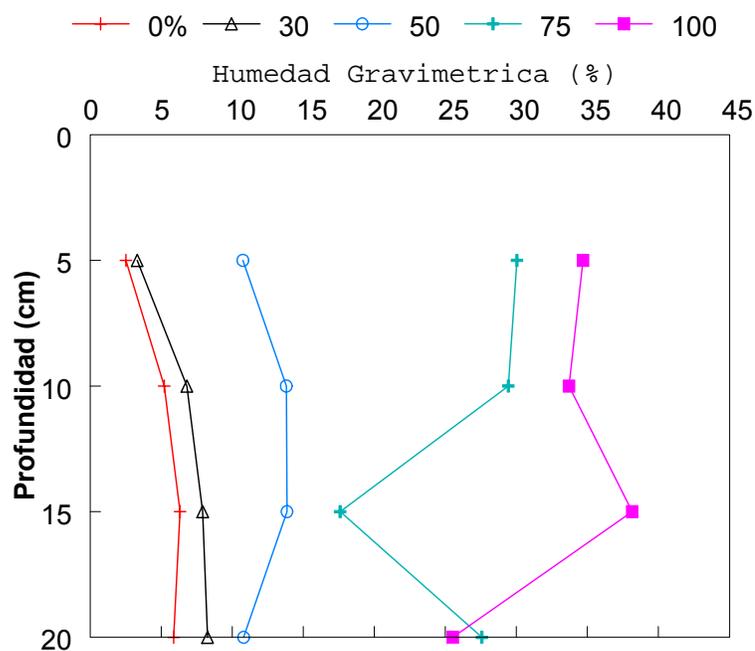


Fig. 30 Comportamiento de la humedad en el perfil del suelo con sus respectivos tratamientos muestreo del 05 de septiembre de 2002

➤ De acuerdo a lo planteado en materiales y métodos, para conocer las diferencias estadísticas entre los tratamientos estos se analizaran como sigue.

En el Análisis de las humedades se utilizó un arreglo factorial AXB, con una distribución de bloques al azar, las humedades se analizaron por cada fecha de muestreo donde “A” fueron las profundidades y “B” los tratamientos con cobertura donde los datos provienen de tres repeticiones como se muestra a continuación en el ejemplo de la Tabla 8 y 9 de comparación de medias, por fecha de monitoreo del 11 julio 2002

Tabla 5 Comparación de medias del factor “B” cobertura con fecha de muestreo del 11 de julio de 2002

Comparación de Medias del Factor “B”

No. De tratamiento	% de Cobertura	% De humedad Medias
4	75	24.64 a
5	100	24.51 a
3	50	21.63 b
2	30	15.13 c
1	0	12.31 d

Los valores con letras diferentes, indican que existe una diferencia significativa al 0.01 entre los tratamientos

De acuerdo con lo datos obtenidos de la comparación de medias del factor “B” (coberturas) se puede afirmar en este ejemplo de muestreo del 11 de julio de 2002, que las coberturas 4 y 5 no tienen diferencia significativa en la retención de humedad.

De acuerdo al análisis los otros tratamientos son diferentes aunque numéricamente el contenido de humedad de la cobertura de 50 %, no esta muy lejano de los dos primeros.

Tabla 6 Comparación de Medias de humedad entre las interacciones de profundidad y cobertura del 11 de julio de 2002

Tratamientos	Profundidad (cm) factor "A"	% De Cobertura factor "B"	% de Humedad Medias
5	5	100	26.10 a
9	10	75	25.72 a
4	5	75	25.25 ab
14	15	75	24.33 abc
15	15	100	24.11 abc
20	20	100	24.06 abc
10	10	100	23.76 abc
8	10	50	23.59 abc
19	20	75	23.29 abc
3	5	50	22.63 abc
13	15	50	20.54 bcd
18	20	50	19.74 cde
7	10	10	15.56 def
12	15	10	15.31 ef
17	20	10	15.22 ef
2	5	10	14.44 f
16	20	5	13.10 f
11	15	5	13.07 f
6	10	5	12.06 f
1	5	5	11.02 f

los valores con letras diferentes, indican que existe una diferencia significativa al 0.01 entre los tratamientos

En lo que respecta a los resultados obtenidos, como se muestran en la Tabla 6 los mejores tratamientos para la captación de humedad fueron el 5 y 9, básicamente a las profundidades que interaccionan con las coberturas de 75 y 100 % no se encontró diferencia significativa alguna; seguido del tratamiento 4 con una cobertura del 75 % con una profundidad de 5 cm, en cuanto a los tratamientos 14, 15, 20, 10, 8, 19 y 3 no existió diferencia significativa alguna es decir podemos tener los mismos resultados de humedad estadísticamente al utilizar 50, 75 ó 100 % de cobertura.

Los cuadros estadísticos y análisis de varianza para cada una de fechas monitoreadas se encuentran situados en la parte de los anexos, tal y como se describe aquí la fecha del 11 de julio.

Tabla 7 Comparación de medias del factor “B” coberturas, de acuerdo con los resultados de los análisis en donde se efectuó una combinación de profundidades y de coberturas y de los datos solamente se analizara como cobertura en el suelo.

los valores con letras diferentes presentan una alta significancia entre las coberturas utilizadas en el experimento. al 0.01

En la tabla 7, los mejores tratamientos siempre son con cobertura del 100 %, pero en relación con la del 75 %, podemos decir que no existe diferencia estadística significativa en la retención de humedad en el perfil del suelo, con estos resultados podemos indicar que para un ambiente semiárido el mínimo de cobertura para la captación de humedad seria 75 %, aunque con la cobertura del 50 % se obtuvo un periodo corto de humedad en el perfil (3 de agosto al 20 de agosto), en donde la humedad retenida no fue significativamente diferente de la obtenida con las otras coberturas.

Fechas de Muestreo	<u>0 % Medias</u>	<u>30 % Medias</u>	<u>50 % Medias</u>	<u>75 % Medias</u>	<u>100 % Medias</u>
08 julio 2002	7.0 c	7.1 c	8.3 b	9.0 a	9.5 a
11 julio 2002	12.3 d	15.1 c	21.6 b	24.6 a	24.5 a
26 julio 2002	9.8 c	10.4 c	19.0 b	22.5 b	41.4 a
03 agosto 2002	11.8 c	14.8 bc	16.1 abc	18.8 ab	21.9 a
13 agosto 2002	11.1 c	13.0 bc	15.7 abc	18.4 ab	19.5 a
20 agosto 2002	8.6 b	8.9 b	11.2 ab	11.7 ab	15.7 a
05 septiembre 2002	4.9 b	6.5 b	12.2 b	26.1 a	33.0 a

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En cuanto a los niveles de energía utilizados por el vibrocultivador, los datos obtenidos en este experimento muestran que el implemento tiene índices de perturbación energética (expresado en volumen de combustible por volumen de suelo movido) menores al arado en un 55 % y con el multiarado en un 21 %. Es decir el vibrocultivador es un implemento altamente eficiente en el uso de energía para laborar el suelo en condiciones comparativas con otros implementos.

En relación a la retención de humedad después de la labor de cinceleo con el vibrocultivador los datos mostrados no tienen diferencia significativa entre los tratamientos con coberturas de 75 % y 100 % durante un periodo de 3 meses (estación de lluvias en el sitio de evaluación) es decir que podemos indicar que para un ambiente semiárido el mínimo de cobertura para la captación de humedad sería del 75 %. La hipótesis planteada de que a partir del 50 % de cobertura no habría diferencia en la retención de humedad con tratamientos de mayor densidad de cobertura solo se cumplió en una porción del ciclo de monitoreo. Se sugiere al fabricante adicionar en la parte frontal del implemento discos cortadores de residuos ya que cuando el implemento carece

de estos, empieza a surgir un atascamiento y acarreo de la cobertura creando así montículos dentro del área de trabajo. Como ejemplo se observó en esta investigación que antes de que pasara el implemento se contaba con un 33% de cobertura sobre la superficie y después con un 16.50 %, es decir se perdió un 50 %, por efecto de acarreo. Se sugiere al fabricante utilizar cincéles con resortes de compresión, ya que con estos nos ayudan a darle el suelo una mejor vibración así como la posibilidad de variar la amplitud del mismo lo que se traduce con esto es tener agregados de menor tamaño para la cama de siembra.

VI. LITERATURA CITADA

1. Adeoye, K.B. 1982. Effect of tillage depth on physical properties of a tropical soil on yield of maize, sorghum and cotton. Soil Tillage.
2. Aguilar S. A 1988. Métodos de análisis de suelos. Sociedad mexicana de la ciencia del suelo A. C. Departamento de suelos Uach.
3. Azuaje, P.; E. González; E. Amézquita; M. Jiménez; R. Díaz; T. Barreto. 1987. Influencia de la labranza sobre el aprovechamiento de los fertilizantes en el cultivo de maíz en los Estados Guárico y Yaracuy. IX Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Maracaibo, Venezuela.
4. Bravo, C. 1993. Efecto de diferentes sistemas de labranza sobre las propiedades físicas del suelo y el rendimiento de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en un Alfisol del estado Guárico. Tesis de Maestría Postgrado en Ciencias

del Suelo. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. 117 p.

5. Buckingham F. 1984. Fundamentos de funcionamiento de maquinaria (FMO), serie cultivo. Deere & Company Service Training. Moline, Illinois. EEUU.
6. Cabazos T. y Rodríguez O. 1992, Manual de prácticas de física de suelos editorial trillas, México.

7. Cabeda, 1984, “Efecto de la labranza sobre las características físicas del suelo”
(Documento web). s/f
http://www.fao.org./ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita/c2.htm#ini
(Consultada 20 de marzo de 2002).

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

9. FAO. “Los Principales Tipos de Labranza”
(Documento web). s/f.
http://www.fao.org./ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita/c8.htm#ini
(Consultada 20 de marzo de 2002).

10. FAO. “Cobertura del suelo”
(Documento web). s/f
http://www.fao.org./ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita/c10.htm#ini
(Consultada 20 de marzo de 2002).

11. FAO.” Principios generales para el desarrollo de estrategias para el manejo de suelos”
(Documento web). s/f
http://www.fao.org./ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita/c3.htm#ini

(Consultada 20 de marzo de 2002).

12. Kocher F. ; 1989. Cuadernillos de labranza de conservación – FIRA, College Station, Texas.
13. Florentino de, A. 1991. Métodos para medir humedad en el suelo. *En*: Manual de Física de suelos, Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela, Maracay. Mimeografiado.
14. Lal, R. 1979. Importance of tillage systems in soil and management in the tropics, *In*: "Soil tillage and crop production", IITA Proc. Serie. No 2:2532.
15. Lal, R. 1997. Long-term tillage maize monoculture effects on a tropical Alfisol in Western Nigeria. *Soil Tillage Res.* 42:145-160.
16. Lozano, Z.; E. González; G. Villegas. 1990. Investigaciones realizadas por Fusagri en mínima labranza. I Taller sobre Labranza, Maracay Venezuela. Mimeogra-fiado 17 p.
17. Manual de Practicas Integrado de Manejo y Conservación de Suelos; Boletín N. 8 de Tierras y Aguas de la FAO s/f.
18. Narro F. E. 1994. Física de suelos con enfoque agrícola. Editorial Trillas. DF, México.

19. 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.
20. Pla, I. 1995. Labranza y propiedades físicas de los suelos. In ;Memorias de la II Reunión Bienal de la red Latinoamericana de Labranza Conservacionista. Acarigua- Guanare. Venezuela.
21. Plagiai, M. 1987. Effects of soil management practices on soil structure. International Center for physics. C.N. R. Pisa, Italy.
22. S.H. Phillips y H.M. Young Jr. Agricultura sin laboreo, Labranza Cero, Universidad de Kentucky s/f.
23. T. Friedrich. “Implementos de labranza”
(Documento web). s/f
http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita/c5.htm#ini
(Consultada 20 de marzo de 2002).
24. <http://www.newholland.com.mx/productos/vibrocultivador.htm>
(Consultada el 21 de marzo 2002)

A. 1

Datos obtenidos del desempeño del vibrocultivador durante la prueba de campo en el predio de “Buenavista”

Tablas De datos obtenidos en campo con el aditamento (rodillo) predio “Buenavista”

Tabla A.1.1**parcela 1 con rodillo.**

Prueba realizada el 14/ 02 / 2003

hora de inicio = 6.2247

hora de termino = 6.2731

no de trayectos	t.en seg las	ancho de	combu. Ml	t.en seg 20 m	vel.en km/h	Vel.m/seg	consumo l/hr
	cabeceras.	Trabajo (metros)					de combu
1	27.39	4.81	250	13.15	5.475	1.521	3.205
2		4.93		13.72	5.248	1.458	
3		4.95		12.34	5.835	1.621	
		4.83					
promedios		27.39	4.88	250	13.07	5.519	1.533

Observaciones: : una ida y una vuelta y 1 vuelta en (cabecera para el combustible)

Tabla A.1.2

parcela 2 con rodillo.

prueba realizada el 14/ 02 / 2003

hora de inicio = 6. 3448

hora de termino = 6.3703

no de trayectos.	t.en seg las	ancho de	combu. Ml	t.en seg 20 m.	Vel.en km/h	Vel.m/seg	consumo l/hr
	cabeceras min.	Trabajo (metros).					De combu
1		4.85	140.000	13.53	5.322	1.478	3.733
2	21.83	4.88		14.10	5.106	1.418	
3	17.78	5.00		14.31	5.031	1.398	
		5.00					
promedios=		19.805	4.93	140.000	13.98	5.153	1.431

Observaciones:: con 2 vueltas en cabeceras (una ida y una vuelta con el combustible).

Tabla A.1.3**parcela 1 con rodillo.(j.c)3**

prueba realizada el 14/ 02 / 2003

hora de inicio = 6:4638

hora de termino = 6:4821

no de trayectos.	t. en seg las	ancho de	combu. Ml	t.en seg 20 m.	Vel.en km/h	Vel.m/seg	consumo l/hr
	cabeceras.	Trabajo (metros).					De combu
1		3.00	154.500	14.57	4.942	1.373	5.384
2	21.6	3.10		14.72	4.891	1.359	
		3.20					
		3.20					

Promedios = 21.6 3.13 14.645 5.231 1.453

Observaciones :no se tomo el gasto de combustible.

Tablas De datos obtenidos en campo sin el aditamento (rodillo) predio “Buenavista”

Tabla A.1.4

Prueba realizada el 14/02

/ 2003

parcela 1 sin rodillo.

hora de inicio = 6:5649

hora de termino = 6:5909

no de trayectos.	t. en seg las	ancho de	combu. Ml	t. en seg 20 m.	Vel.en km/h	ensidad m/seg	consumo l/hr
	cabeceras.	Trabajo (metros).					De combu
1	21.78	4.83	280.000	13.44	5.357	1.488	7.216
2	25.56	4.70		13.40	5.373	1.493	
3		4.83		13.59	5.298	1.472	
		4.90					

Promedios = 23.67 4.82 280.000 13.48 5.342 1.484

observaciones: ninguna

Tabla A.1.5

Prueba realizada el
parcela 2 sin rodillo. 14/ 02 / 2003
 hora de inicio = 7: 0458 hora de termino = 7.0651

no de trayectos.	t.en seg las	ancho de	combu. Ml	t. en seg 20 m.	Vel.en km/h	Vel.m/seg	consumo l/hr
	cabeceras.	Trabajo (metros).					De combu
1		3.14	150.000	13.75	5.236	1.455	4.838
2	18.5	3.05		13.56	5.310	1.475	
		3.08					
		3.05					

Promedios = 18.5 3.08 150.000 13.655 5.273 1.465
 observaciones: una ida y una vuelta con una vuelta en la cabecera.

Tabla A.1.6

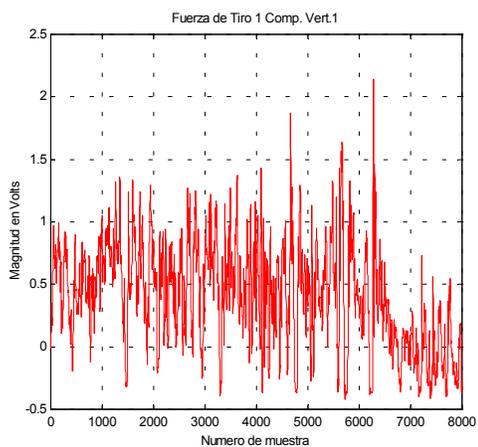
Prueba realizada el
parcela 3 sin rodillo. 14/ 02 / 2003
 hora de inicio = 7:1216 hora de termino = 7.1454

no de trayectos.	t. en seg las	ancho de	combu. Ml	t.en seg 20 m.	Vel.en km/h	Vel.m/seg	consumo l/hr
	cabeceras.	Trabajo (metros).					De combu
1	18.30	3.95	230.000	13.28	5.422	1.506	5.251
2	24.59	3.85		14.06	5.121	1.422	
3		3.55		13.41	5.369	1.491	
		3.54					

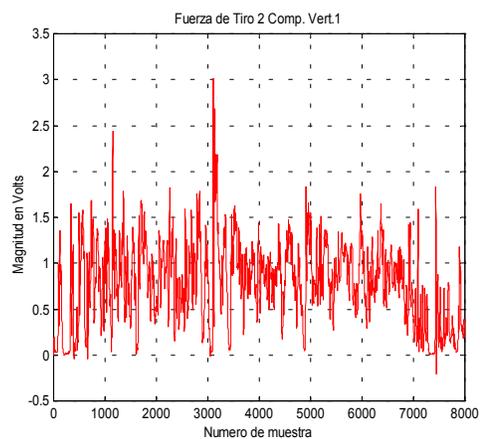
Promedios = 21.45 3.72 230.000 13.583 5.307 1.474 5.768
 observaciones: restarle al ancho de trabajo 40 cm.

A.2

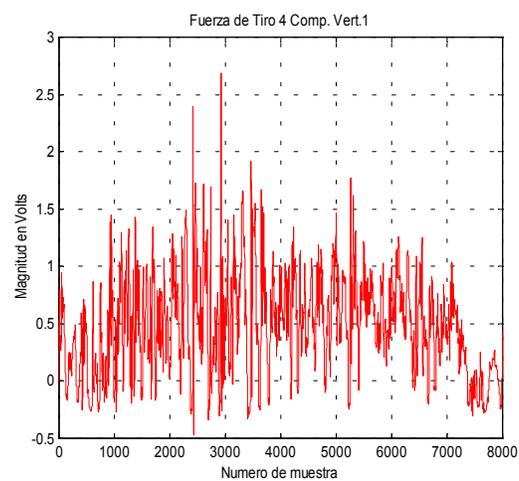
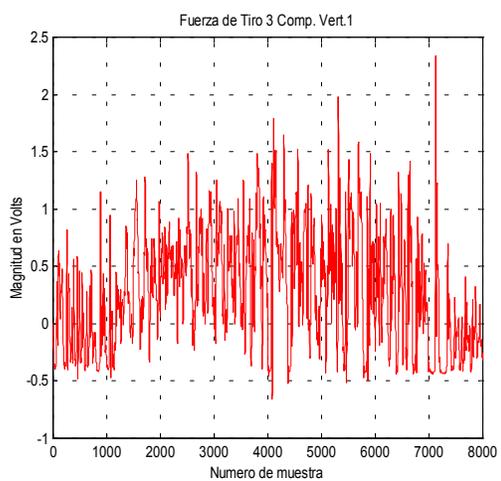
Graficas (matlab) para el cálculo de las Magnitudes de voltajes de la fuerza de tiro en tiempo real (obtención de la fuerza necesaria para la labor con el implemento)



Grafica A.2.1



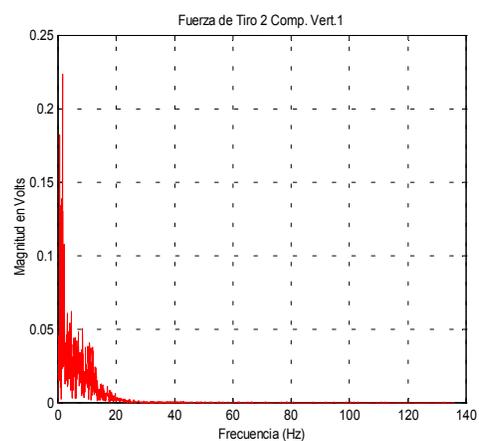
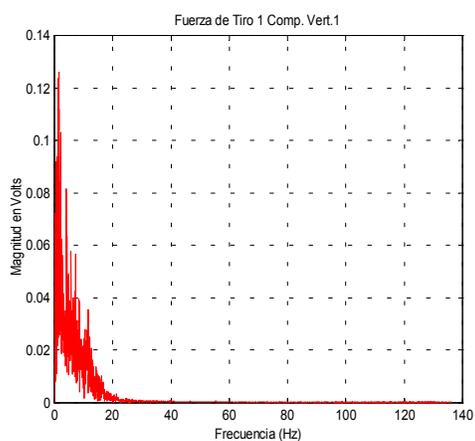
Grafica A.2.2



Grafica A.2.3

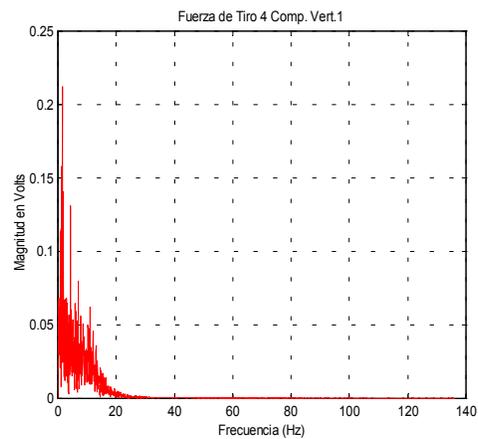
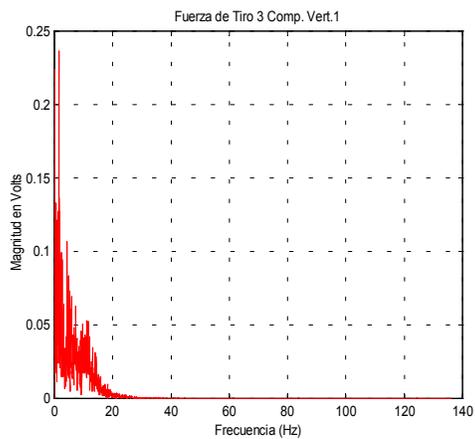
Grafica A.2.4

Graficas (matlab) para el análisis espectral de datos en tiempo real
(obtención de la fuerza necesaria para la labor con el implemento)



Grafica A.2.5

Grafica A.2.6



Grafica A.2.9

Grafica A.2.10

A.3

Rep.	Prof cm	fuerza volts.	Factor de correc KN/v	Fuerza N	Area Peri cono m2	Esf.necesa Kpa
sp11	5	5.03	0.308	1.549	0.0008157	1899.277
	10	1.11	0.308	0.342	0.0008157	419.125
	15	1.2	0.308	0.370	0.0008157	453.108
	20	3.33	0.308	1.026	0.0008157	1257.374
	22	4.74	0.308	1.460	0.0008157	1789.776
sp12	5	1.640	0.308	0.505	0.0008157	619.247
	10	1.400	0.308	0.431	0.0008157	528.626
	15	1.430	0.308	0.440	0.0008157	539.953
	18	5.000	0.308	1.540	0.0008157	1887.949
sp13	5	2.080	0.308	0.641	0.0008157	785.387
	10	1.230	0.308	0.379	0.0008157	464.435
	15	2.330	0.308	0.718	0.0008157	879.784
	20	5.000	0.308	1.540	0.0008157	1887.949
sp14	5	2.080	0.308	0.641	0.0008157	785.387
	10	1.240	0.308	0.382	0.0008157	468.211
	15	3.000	0.308	0.924	0.0008157	1132.769
	16	3.500	0.308	1.078	0.0008157	1321.564
sp21	5	1.120	0.308	0.345	0.0008157	422.901
	10	2.380	0.308	0.733	0.0008157	898.664
	15	4.420	0.308	1.361	0.0008157	1668.947
sp22	5	6.93	0.308	2.134	0.0008157	2616.697
	10	2.96	0.308	0.912	0.0008157	1117.666
	12	4.74	0.308	1.460	0.0008157	1789.776
sp233	5	4.48	0.308	1.380	0.0008157	1691.602
	10	2.71	0.308	0.835	0.0008157	1023.268
	15	3.05	0.308	0.939	0.0008157	1151.649
	20	5.00	0.308	1.540	0.0008157	1887.949
					promedio =	1162.557
					SD=	611.023
					CV=	52.559

Datos del programa Daq View para la determinación de los datos de la resistencia a la penetración en predio “Buenavista”

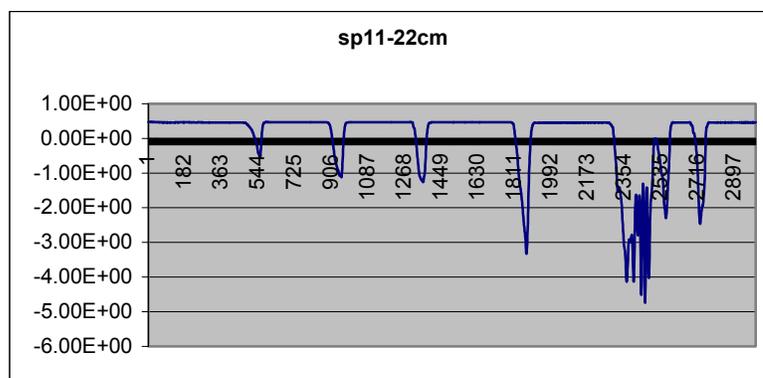
profundidad cm.	Prom de esfuerzo Kpa.
5	1260.071
10	702.856
12	1789.776
15	971.035
16	1321.564
18	1887.949
20	1677.757
22	1789.776

Tabla A.3.1

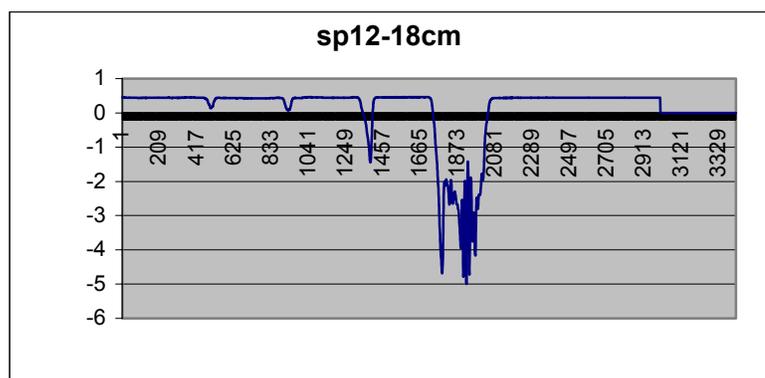
Tabla A.3.2 Promedios
penetración a
profundidades en el
“Buenavista”

de la resistencia a la
diferentes
predio de

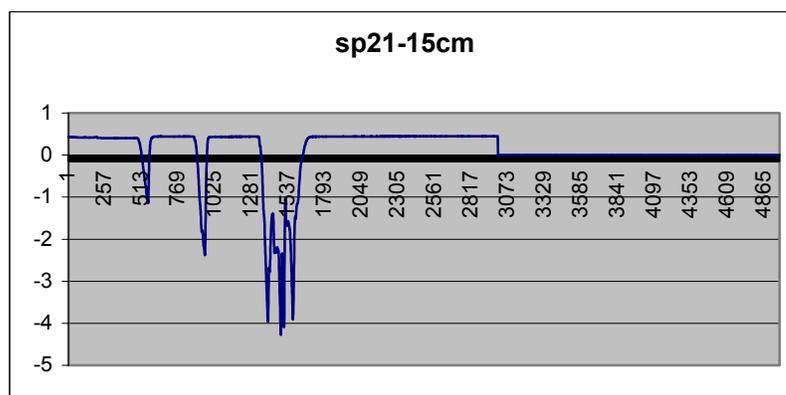
Graficas (Excel) para la determinación de los datos de la resistencia a la penetración en el predio “Buenavista”



Grafica A.3.3



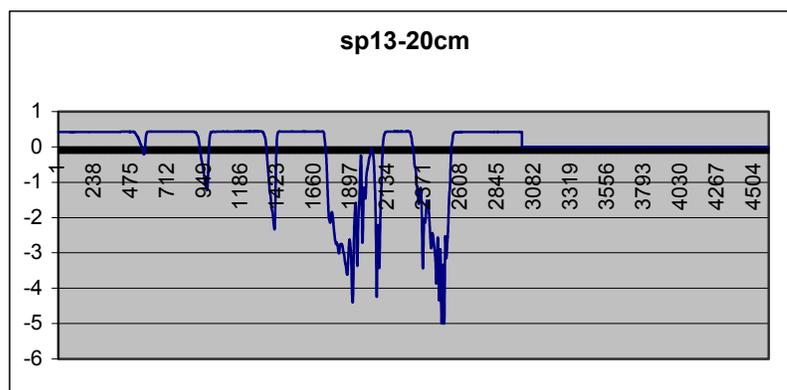
Grafica A.3.4



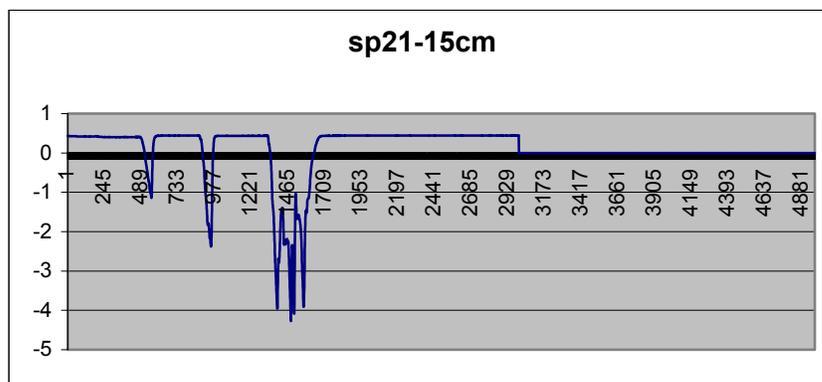
Grafica A.3.5

Grafica A.3.6

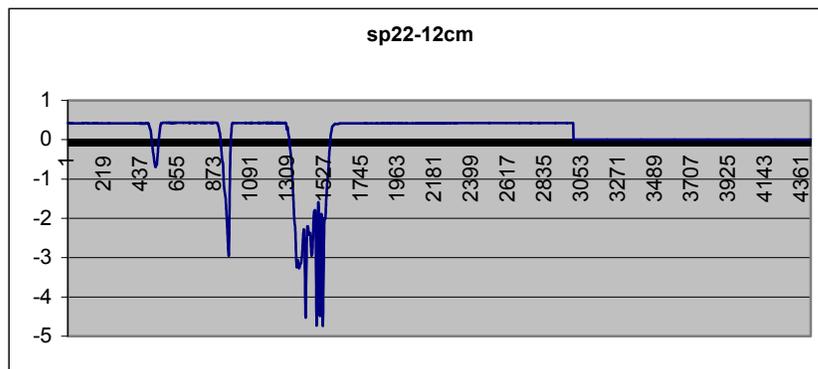
Grafica A.3.5



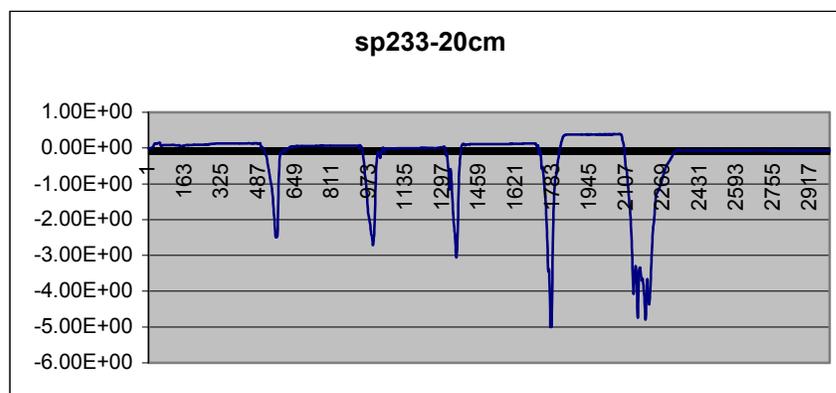
Grafica A.3.6



Grafica A.3.7



Grafica A.3.8



Grafica A.3.9

A. 4

Tabla A.4.1 Calculo de la densidad aparente en el predio de “Buenavista”

profundidad	Da grs/ cm ³
-------------	-------------------------

cm	
5	1.29
10	1.31
15	1.31
20	1.38
25	1.43
30	1.36
prom =	1.35

Tabla A.4.2 Calculo de la densidad aparente en el predio del ejido “La Parcela”

profundidad cm	grs/ cm ³
0-5	1.10
5-10	1.33
10-15	1.32
15-20	1.31
prom =	1.270

A. 5

Calculo de densidad de cobertura y porcentaje de cobertura en el predio “Buenavista”

Tabla A.5.1 Densidad de cobertura

Punto de muestreo	peso de cober.Humedo	peso de cober.Seca	ton / hac.
par. 1rep1	280.44	225.64	2.25
par. 1rep2	166.89	129.37	1.29
par. 1rep3	40.09	31.28	0.31
par. 1rep4	40.25	29.07	0.29
par2rep1	314.59	246.81	2.46
par2rep2	344.9	311.17	3.11
par2rep3	122.53	102.42	1.02
par2rep4	151.43	138.16	1.38

prom= 1.51

Tablas del calculo del porciento de cobertura antes y después de la labor. con el vibrocultivador

Tabla A.5.3 Antes de la labor

Parcela2 rep 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	60	15	5	60	60	65	50	60	50	60
2	65	15	5	45	70	50	50	60	55	65
3	60	35	25	50	75	60	60	55	40	35
4	45	35	35	55	50	50	55	75	65	30
5	45	30	35	60	65	70	80	80	75	35
6	80	75	75	70	90	90	90	85	65	30
7	80	85	70	55	85	95	95	95	80	30
8	65	60	55	70	90	100	100	100	85	35
9	65	50	40	30	40	70	80	100	100	95
10	30	25	35	35	50	70	100	100	100	90

prom61.2 %

Tabla A.5.4 Antes de la labor

parcela 1 rep 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	5	10	10	15	50	48	45	50	50
2	15	0	35	45	40	55	45	45	45	50
3	15	20	25	35	45	50	45	45	55	45
4	15	30	50	55	50	55	45	50	50	50
5	15	15	45	45	45	45	50	50	50	55
6	30	40	40	45	55	55	55	60	45	50
7	35	40	45	45	50	55	70	60	55	40
8	25	15	30	50	55	65	65	65	65	55
9	25	35	45	50	55	60	70	65	30	30
10	45	45	45	50	50	50	55	50	30	30

Tabla

prom 42.8%

A.5.5

Después de la labor

parcela 1 rep 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	35	40	45	40	40	40	40	35	40	35
2	50	55	60	45	40	45	30	30	45	35
3	30	40	65	40	30	35	35	35	40	35
4	40	40	50	45	45	45	40	40	40	40
5	40	45	45	35	40	45	45	45	50	50
6	50	35	30	30	30	30	45	30	30	45
7	55	50	55	60	50	45	45	50	50	40
8	60	40	55	55	50	45	45	30	25	30
9	55	55	55	40	45	30	35	35	35	35
10	45	35	40	35	35	35	35	40	40	40

prom 41.7%

Tabla A.5.6 Después de la labor

parcela 1 rep 3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	10	10	10	5	10	5	10	5	5	5
3	5	0	5	15	10	10	15	5	5	0
4	10	10	10	10	10	20	15	0	5	5

profundidad cm	prom Pw %
5	4.56
10	6.71
15	8.30
20	8.57
25	8.61
prom=	7.35

5	0	5	5	5	5	35	10	10	5	5
6	5	5	5	5	5	30	20	5	5	5
7	10	0	5	5	5	10	5	5	0	5
8	5	5	0	0	15	15	0	0	5	10
9	15	5	0	5	5	5	5	5	5	5
10	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5

prom 6.85%

A.6

Promedios de las humedades gravimétricas en los sitios de evaluación

Tabla A.6.1 "Buenavista" (inicial)

Tablas por fechas de muestreo del promedio de humedad con cobertura
predio del ejido “ La Parcela”

A.6.2

0% cobertura. profundidades.

fechas.	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm
8 de julio.	5.70	6.43	7.91	8.22
11 de julio.	11.02	12.06	13.07	13.10
26 de julio.	8.39	9.52	10.27	11.33
03 de agosto.	10.19	11.92	12.93	12.16
13 de agosto.	8.33	10.60	12.31	13.51
20 de agosto.	4.89	9.04	10.28	10.30
05 de septiembre.	2.49	5.20	6.30	5.86

A.6.3

30 % de cobertura. profundidades.

fechas.	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm
8 de julio.	5.46	6.61	8.33	8.20
11 de julio.	14.44	15.56	15.31	15.22

26 de julio.	8.54	10.20	10.51	12.68
03 de agosto.	9.91	13.34	17.99	18.30
13 de agosto.	10.47	13.80	13.73	14.10
20 de agosto.	4.66	8.35	11.09	11.73
05 de septiembre.	3.30	6.81	7.91	8.24

A.6.4

50 % cobertura. profundidades.

fechas.	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm
8 de julio.	8.04	8.37	8.49	8.46
11 de julio.	22.63	23.59	20.54	19.74
26 de julio.	15.47	21.30	20.42	18.95
03 de agosto.	10.61	17.11	20.41	16.47
13 de agosto.	10.81	18.13	15.41	18.58
20 de agosto.	10.38	10.79	10.88	13.06
05 de septiembre	10.74	13.79	13.84	10.79

A.6.5

75 % cobertura. profundidades.

fechas.	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm
8 de julio.	8.57	9.09	9.25	9.27
11 de julio.	25.25	25.72	24.33	23.29

26 de julio.	22.20	21.19	23.21	23.44
03 de agosto.	13.62	19.73	20.54	21.35
13 de agosto.	17.05	17.31	18.78	20.78
20 de agosto.	9.81	12.91	10.18	14.02
05 de septiembre.	30.03	29.43	17.58	27.57

A.6.6

100 % cobertura. profundidades.

fechas.	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm
8 de julio.	9.19	9.44	9.65	10.01
11 de julio.	26.10	23.76	24.11	24.06
26 de julio.	40.43	42.32	50.45	32.49
03 de agosto.	18.71	24.18	21.04	23.93
13 de agosto.	19.26	18.79	19.11	21.12
20 de agosto.	10.93	12.96	18.53	20.45
05 de septiembre.	34.68	33.70	38.14	25.51

A. 7

Tabla A.7.1 Promedios de Patinaje de las ruedas con rodillo "Buenavista"

Imp. Levantado m	%Patinaje.
con rodillo	
43.5	3.908
43.5	4.367
43.5	2.437
prom= 3.570	

Tabla A.7.2 Promedios de Patinaje de las ruedas sin rodillo “Buenavista”

Impl. Levantado m.	% patinaje
sin rodillo	
43.5	2.080
43.5	1.778
43.5	1.946
prom= 1.935	

A. 8

Tablas de datos para la obtención del área de disturbación y del esfuerzo unitario a la falla

Tabla A.8.1

Variabes (con rodillo)	R1	R2	R3
Ancho de trabajo m	4.88	4.93	3.13
Longitud de la parcela m	50	50	50

Consumo de combustible ml	250	140	154.5
Area de trabajo total m ²	244	246.5	156.5
Consumo de combustible ml/ m ²	1.025	0.568	0.987

Prom consumo de combus ml/m²= 0.860
8599.2

ml/ ha= 06
ml/ m³= 8.190
sup y prof. De trabajo KN/m²= 31.212
Profundidad de trabajo = 10.5 cm

Tabla A.8.2

variables (sin rodillo)	R1	R2	R3
ancho de trabajo m	4.82	3.08	3.72
longitud de la parcela m	50	50	50
consumo de combustible ml	280	150	230
Area de trabajo total m ²	241	154	186
Consumo de combustible ml/ m ²	1.162	0.974	1.237

Prom consumo de combus ml/m²= 1.124
profundidad de trabajo 12.5 cm
11241.3

ml/ ha= 69
ml/ m³= 8.993
sup y prof. De trabajo KN/m²= 26.218

Tablas para el calculo del área de disturbación y del esfuerzo unitario a la falla

Tabla A.8.3

Tabla A.8.4

par. 1 repetición sin rodillo.

puntos	1	2	3
1	14	10	10
2	10	16	13.5
3	12	10	11
4	10	9	14
5	12	11	11
6	10	11	14
7	12.5	12	13
8	11.5	8	20.5
9	20	22	20
10	19.5	19.5	19
11	19	19	18.5
12	19	20	20
13	19	20	19.5
14	15	13.5	16
15	16	12.5	14.5
16	18.5	12.5	13
17	12	10	19
18	14	10	17
19	19	16	15
20	12.5	12.5	11.5

Prof. Prom de trabajo=14.70

profundidad en el nivel del suelo.

MAYOR UNO=15 cm

MENOR UNO= 5 cm

MAYOR DOS= 16 cm

MENOR DOS = 5.5

MAYOR DEL TRES= 17cm

MENOR TRES = 6cm

par 1 rep 1 con rodillo

puntos	1	2	3
1	1	11.5	9
2	3.5	8.5	7.5
3	7.5	7	3.5
4	14	5	6
5	8	9.5	8.5
6	11	9	9
7	16.5	15	13.5
8	17	15	14
9	17	15	16.5
10	12.5	9	13.5
11	9	4.5	6
12	7	8	3
13	9	13	7.5
14	18.5	11.5	11
15	10	14	12
16	18	6.5	5.5
17	14	6.5	11
18	10	7	7
19	14	11.5	10
20	17	6.5	5

Prof. promedio de trabajo

10.117cm

profundidad en el nivel del suelo.

MAYOR UNO=19 cm

MENOR UNO= 5 cm

MAYOR DOS= 16 cm

MENOR DOS = 4cm

MAYOR DEL TRES= 18 cm

MENOR TRES = 4.5 cm

Tabla A.8.6

par 1 rep 2 con rodillo

	1	2	3
1	12.5	8	4
2	3	11	12.5
3	12	10	9.5
4	9	10.5	9.5
5	14	13	15.5
6	8	10	9.5
7	9	14.5	11.5
8	14	14	9
9	13	12.5	10
10	12	10	10
11	11	11	13.5
12	11.5	12.5	13
13	17.5	16	15.5
14	16.5	16	17.5
15	15.5	15.5	15
16	11.5	11	8
17	11	10.5	12.5
18	11.5	9.5	15.5
19	13.5	14	15
20	9.5	13	13.5

prom de trabajo= 11.97

profundidad en el nivel del suelo.

MAYOR UNO=17.5 cm

MENOR UNO= 3.5 cm

MAYOR DOS= 11.5 cm

MENOR DOS = 2.5 cm

Tabla A.8.5

par 1 rep 3 sin rodillo

	1	2	3
1	9.5	13.5	13
2	10	14.5	14
3	12	16.5	12
4	10	11	12.5
5	8	12	9.5
6	14	15	11
7	13.5	13.5	11.5
8	14.5	13.5	15
9	10.5	14	11
10	14.5	15	6.5
11	16.5	14.5	14
12	17	18	17
13	17	18.5	16
14	18.5	18.5	16
15	14	19	15
16	13	17	15.5
17	10	10.5	11
18	8	11	11
19	11	13.5	9.5
20	13	9.5	8.5

prom de trabajo = 13.21

profundidad en el nivel del suelo.

MAYOR UNO=14 cm

MENOR UNO= 3 cm

MAYOR DOS= 14 cm

MENOR DOS = 3cm

MAYOR DEL TRES= 15 cm

MENOR TRES = 3 cm

MAYOR DEL TRES= 15.5 cm

MENOR TRES = 4.5cm

A. 9

Tablas de pesos del tamaño de agregados en el predio “Buenavista”

Tabla A.9.1 Sin rodillo

Peso de agregados kg, sin rodillo	
Tamaño del tamiz (mm)	Vibrocultivador.
> 100	0.000
> 50 < 100	0.688
> 30 < 50	0.788
> 20 < 30	0.925
> 10 < 20	4.100
< 10	12.931
Tam prom del agregado.	12.922

Tabla A.9.2 Con rodillo

Peso de agregados kg, con rodillo	
Tamaño del tamiz (mm)	Vibrocultivador.
> 100	0.000
> 50 < 100	0.263
> 30 < 50	0.338
> 20 < 30	0.575
> 10 < 20	2.675
< 10	19.088
Tam prom del agregado.	8.280

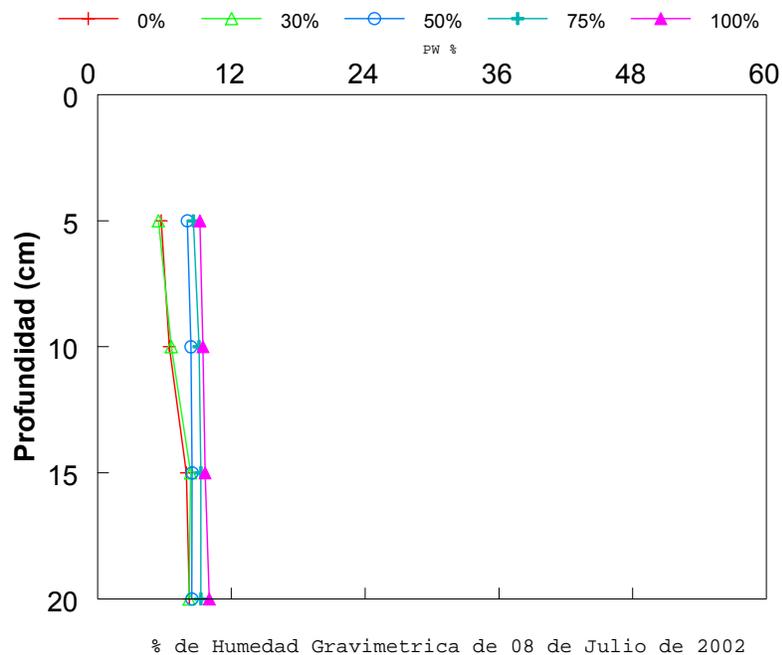
A.10

Tabla de datos climáticos proporcionados por la CNA (comisión nacional del agua), en el monitoreo de la humedad en las fechas antes señaladas año(2002)

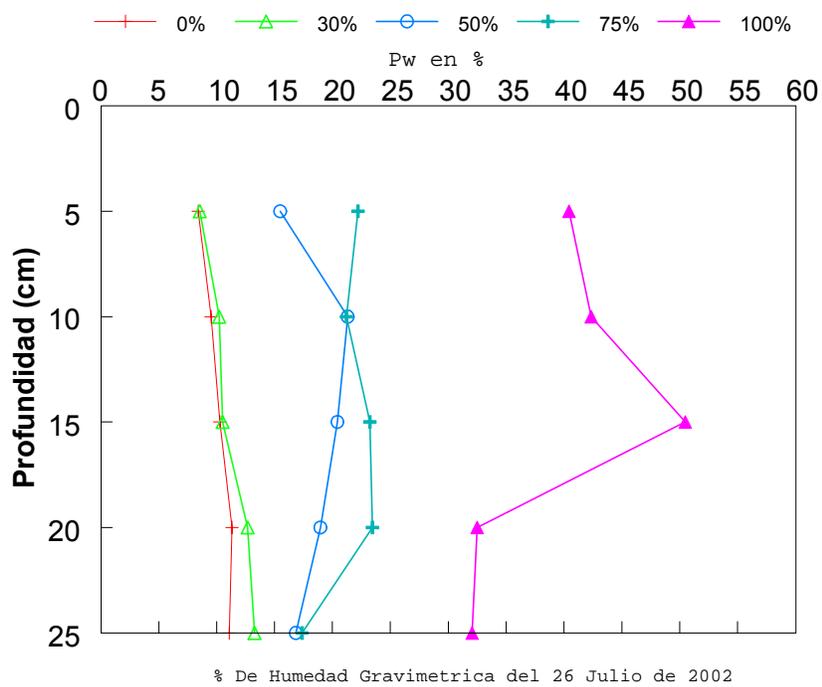
Tabla A.10.1

	semanas	semanas	semanas
Meses	Temperatura.'C	Precipitación mm.	Evaporación mm
junio	32.571	0.000	10.94
	32.714	0.000	9.64
	34.286	0.143	11.05
	32.778	0.000	9.83
julio	32.000	2.143	7.193
	28.857	5.000	6.036
	28.143	2.714	4.750
	31.600	1.700	5.740
Agosto	31.571	18.386	8.329
	31.000	0.000	9.621
	33.571	0.714	9.057
	33.600	0.000	10.965
septiembre	30.286	0.000	7.329
	27.143	3.714	5.900
	26.857	2.000	2.879
	27.667	0.000	7.611

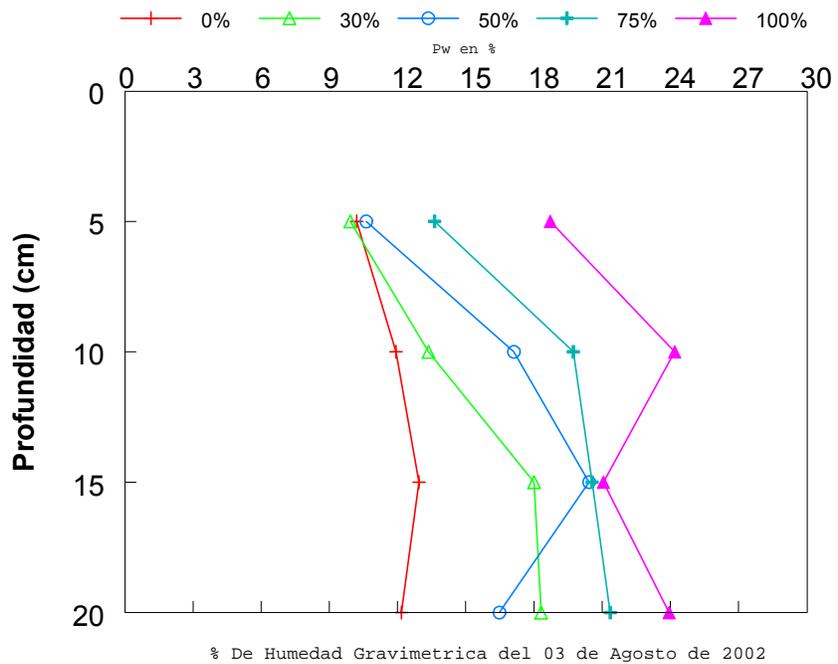
Graficas del comportamiento de la humedad en el perfil del suelo con sus respectivos tratamientos de cobertura por fecha de muestreo



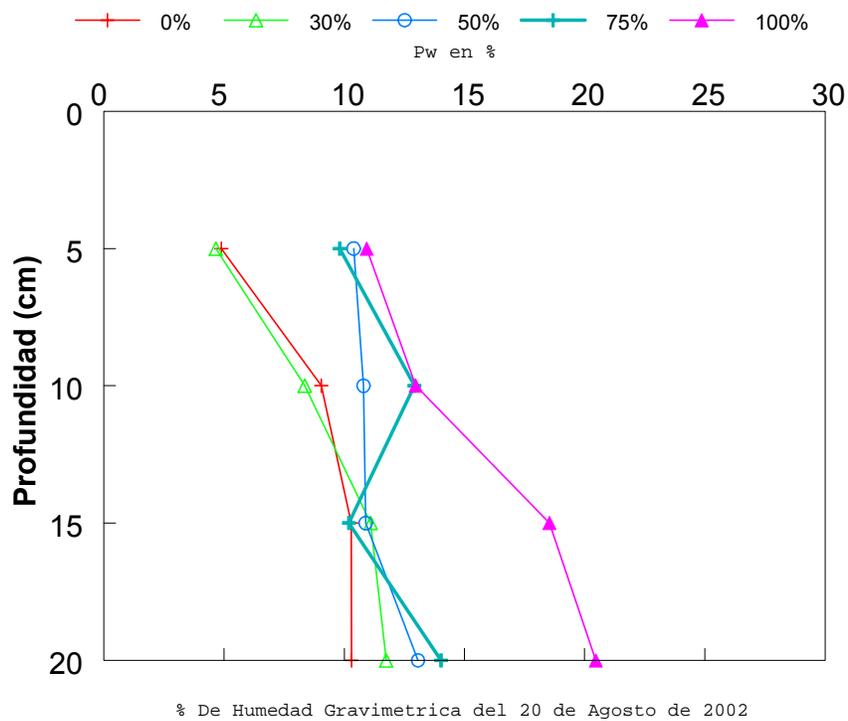
Grafica A.10.2



Grafica A.10.3



Grafica A.10.4



Grafica A.10.5

A.11

Tabla A.11.1 Análisis de varianza muestreo con los niveles de cobertura del 08/julio/
02 “La Parcela”

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	2	0.035156	0.017578	0.1125	0.894
FACTOR A	3	20.690918	6.896973	44.1297	0.000
FACTOR B	4	59.660645	14.915161	95.4335	0.000
INTERACCION	12	11.876953	0.989746	6.3328	0.000
ERROR	38	5.938965	0.156289		
TOTAL	59	98.202637			

C.V. = 4.80%

Tabla de medias

TRATAMIENTOS	MEDIAS
20	10.0180 A
15	9.6570 AB
10	9.4450 ABC
19	9.2740 ABCD
14	9.2580 ABCD
5	9.1950 ABCD
9	9.0920 ABCDE
4	8.5790 BCDE
13	8.4930 BCDE
18	8.4670 BCDE
8	8.3720 CDE
12	8.3400 CDE
16	8.2280 CDE
17	8.2030 DE
3	8.0470 DE
11	7.9650 E
7	6.6150 F
6	6.4360 F
1	5.7070 F
2	5.4660 F

Nivel de significancia = 0.01

Tukey = 1.2289

Valores de Tablas $q(0.05) = 5.38$ $q(0.01) = 6.25$

Tabla A.11.2 Análisis de varianza muestreo con los niveles de cobertura del
05/septiembre/ 02 “La Parcela”

Análisis de varianza Muestreo 05 / septiembre/ 02

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	2	450.658203	225.329102	2.7232	0.077
FACTOR A	3	38.478516	12.826172	0.1550	0.925
FACTOR B	4	7382.259766	1845.564941	22.3041	0.000
INTERACCION	12	623.203125	51.933594	0.6276	0.806
ERROR	38	3144.326172	82.745422		
TOTAL	59	11638.925781			

C.V. = 54.80%

Tabla de Medias

TRATAMIENTOS	MEDIAS
15	38.1400 A
5	34.6800 AB
10	3.7000 AB
4	30.0300 AB
9	29.4300 AB
19	7.5700 AB
20	5.5100 AB
14	17.5800 AB
13	13.8400 AB
8	13.7900 AB
18	10.7900 AB
	3
	10.7400 AB
17	8.2400 AB
12	7.9100 AB
7	6.8100 AB
11	6.3000 AB
16	5.8600 AB
6	5.2000 B
2	3.3000 B
1	2.4900 B

Nivel de significancia = 0.01

Tukey = 32.8240

Valores de tablas (0.05), (0.01) = 5.38, 6.25